

GIEDRĖ BECONYTĖ

ESYBIŲ

MODELIAVIMAS

RYŠIŲ

Mokomoji knyga

Vilniaus universitetas

2024

# ESYBIŲ RYŠIŲ MODELIAVIMAS

Vilnius 2024

© Giedrė Beconytė 2024

Aprobuota Vilniaus universiteto Chemijos ir geomokslų fakulteto tarybos 2024- (Nr. 610000-TP-??)

## **Anotacija**

Mokymo priemonė skirta daliai Vilniaus universiteto *Kartografijos ir GIS* specialybės studentams, kaip *Loginių metodų* kurso dalies studijų literatūra. Vis plačiau naudojant informacines technologijas, tarp jų – geografinės informacijos sistemas ir erdvinių duomenų bazines, vis svarbesnės tampa darbo su duomenimis kompetencijos. Gebėjimas kurti taisyklingus semantinius modelius yra viena iš šių kompetencijų, glaudžiai susijusi su loginiu ir sisteminiu mąstymu. Semantinis modelis yra svarbus kaip pagrindas pradiniame bet kokios dalykinės srities informacijos analizės etape. Esybių ryšių modeliai sudaromi projektuojant duomenų bazines, kuriant metodines tyrimų schemas, apklausas, produktų specifikacijas, rengiant pristatymus. Knyga apima pagrindinius esybių ryšių modeliavimo principus, kurie dėstomi susiejant su anksčiau studijų metu įgytomis žiniomis. Pateikiami skirtingų dalykinių sričių informacijos modeliavimo uždavinių pavyzdžiai.

## TURINYS

Įvadas.....	6
1. Modeliavimas .....	8
1.1 Modeliavimo prasmė ir pagrindinės sąvokos .....	9
1.2 Modelių tipai.....	18
1.3 Bendrieji modeliavimo principai ir etapai .....	22
1.4 Semantinis modeliavimas .....	25
1.5 Užduotys .....	28
2. Aibės ir loginės klasės .....	30
2.1 Aibės ir jų operacijos .....	31
2.2 Sąvokos ir jų santykiai.....	36
2.3 Klasifikavimas .....	44
2.4 Apibrėžimas ir operacionalizavimas.....	52
2.5 Užduotys .....	58
3. Esybės ir objektai .....	61
3.1 Esybės .....	62
3.2 Savybės, atributai ir domenai.....	67
3.3 Užduotys .....	75
4. Ryšiai – modelio elementų sąsajos.....	77
4.1 Ryšys ir jo savybės .....	78
4.2 Ryšių atvejai .....	85
4.3 Užduotys .....	92
5. Esybių ryšių modelio naudojimas duomenų bazei projektuoti.....	94
5.1 Esybių ryšių modelio transformavimas į reliacines struktūras .....	95
5.2 Esybių ryšių modelio atkūrimas apgrąžos būdu .....	100
5.3 Užduotys .....	101
6. Esybių ryšių modelio žymėjimų sistemos .....	102
6.1 Bendros pastabos .....	103
6.2 Čeno notacija .....	105
6.3 Barkerio notacija.....	107
6.4 „Varnos kojelių“ diagramos.....	108
6.5 UML klasių diagramos .....	109
Literatūra .....	111

## Paveikslų sąrašas

1 pav. Objektas ir jo grafinis modelis.....	13
2 pav. Hierarchinė sistemos struktūra.....	14
3 pav. Modelių tipai ir pavyzdžiai .....	18
4 pav. Modeliavimo stadijos (žemėlapiu pavyzdys) .....	23
5 pav. Esybių ryšių modelis – vienas iš semantinių modelių .....	26
6 pav. Aibių sąjunga (a), sankirta (b) ir skirtumas (c).....	35
7 pav. Nuo objekto iki termino (arba atvirkščiai).....	36
8 pav. Abstraktus modelis .....	38
9 pav. Klasifikavimas .....	44
10 pav. Deduktyviai ir induktyviai apibrėžtos klasės.....	45
11 pav. Klasterizavimas.....	48
12 pav. Vienareikšmiškai pagal žemės dangos tipą neklasifikuojama teritorija. ....	50
13 pav. Neraiškiosios aibės – žmonių amžiaus grupės.....	50
14 pav. Sąvokų kategorijos nuo Aristotelio iki P. Čeno.....	62
15 pav. Esybės esybių ryšių modelyje – klasių hierarchinis vaizdavimas. ....	64
16 pav. Esybė ir jos atributai esybių ryšių modelyje.....	68
17 pav. Paveldimi iš superklasės atributai.....	73
18 pav. Ryšys tarp esybių.....	78
19 pav. Ryšiai tarp esybės ir jos pačios.....	79
20 pav. Ryšio privalomumas ir kardinalumas. ....	80
21 pav. Esybių ryšių modelis su keliais tinkamai nurodytais ryšiais .....	81
22 pav. Kompozicinis ryšys .....	82
23 pav. Apibendrinimo ryšys .....	83
24 pav. Perteklinis ryšys.....	83
25 pav. Ryšiai „vienas su vienu“.....	85
26 pav. Iš abiejų pusių neprivalomo ryšio „vienas su vienu“ sukonkretinimas. ....	86
27 pav. Iš abiejų pusių neprivalomo ryšio „vienas su vienu“ skaidymas įvedant ryšio esybę. ....	87
28 pav. Ryšiai „vienas su daug“ .....	87
29 pav. Ryšiai „daug su daug“ .....	88
30 pav. Ryšio „daug su daug“ ypatumai .....	89
31 pav. Ryšio „daug su daug“ skaidymas įvedant tarpinę esybę. ....	89
32 pav. Konceptinio modelio sudarymo schema .....	91
33 pav. Esybių ir atributų perkėlimas į loginį lentelių modelį. ....	96
34 pav. Ryšiai, pavaizduoti reliaciniame modelyje.....	97
35 pav. Studijų esybių ryšių modelio elementai, pateikti naudojant Čeno notaciją.....	105
36 pav. Studijų esybių ryšių modelis užrašytas Barkerio notacija .....	107
37 pav. Studijų esybių ryšių modelis užrašytas “varnos kojelių” notacija.....	108
38 pav. Studijų esybių ryšių modelis užrašytas UML notacija .....	110

# IVADAS

Parašyti vadovėlį yra labai sunku, nes beveik nėra dalykų kurie (arba požiūris į juos) nepasikeistų rašymo metu. Šiais beveik begalinių interneto išteklių, išmanių paieškos sistemų ir dirbtinio intelekto įrankių laikais atrodo, kad užtektų parengti dėstomo dalyko planą, o visą medžiagą studentai galėtų susirasti ir įsisavinti patys. Vis dėlto, tas kelias dar vis neatrodo efektyvus. Pagrindinė priežastis ir yra ta, kad ne tiek jau daug studijų literatūros, kuria būtų galima nuosekliai vadovautis, o dar mažiau jos lietuvių kalba.

Šią mokomąją knygą parengti paskatino Vilniaus universiteto edukacinių iniciatyvų konkursas, kurį laimėjus teko sutikti su griežtais terminais tekstui pabaigti. Taip atsirado glaustas žinių apie vieno tipo modeliavimo techniką sąvadas, papildytas bendraisiais dalykais apie modeliavimą, o taip pat apie aibes ir logines klases, kurie būtini norint kurti logiškai taisyklingus modelius.

Tai yra pagrindinė Vilniaus universiteto Kartografijos ir GIS bakalauro studijų programos kurso *Loginiai metodai* mokomoji knyga. Ji taip pat gali būti naudojama kaip papildoma mokymo priemonė dėstant Kartografijos magistro studijų programos kursus *Duomenų bazių projektavimas*, *GIS ir kartografinių projektų vadyba*, *Kartografinės komunikacijos pagrindai* bei visuose įvairių programų studijų dalykuose, kur reikia loginio modeliavimo žinių.

Modeliavimas – tai veikla, kuri įtraukia, verčia kūrybiškai ir kartais nestandartiškai mąstyti. Knygos tekstai ir ypač užduotys turėtų paskatinti studentus daugiau laiko skirti savarankiškam darbui su medžiaga, o laiką auditorijoje panaudoti aktyviai dirbant kartu su dėstytoju – aptarti įsisavintą medžiagą, apsvarstyti ir palyginti sprendimus, analizuoti problemas. Nemažai užduočių yra dalykinių žaidimų pobūdžio, susijusios su realiame gyvenime sprendžiamomis problemomis. Sprendžiant tokias užduotis teks greitai perprasti skirtingų dalykinių sričių duomenų esmę ir ypatumus, tinkamai apibendrinti, iš keleto galimų teisingų sprendimų parinkti efektyviausius, prieš tai juos kritiškai įvertinus. Šie įgūdžiai svarbūs daugelyje profesinės veiklos sričių.

Nereikia tikėtis, kad perskaičius knygą viskas iš karto taps aišku ir paprasta. Modeliavimo neįmanoma išmokyti teoriškai. Tik praktiškai pabandžius sukurti įvairius modelius, darant klaidas ir jas taisant galima suprasti, kaip tai veikia. Gali būti, kad apskritai nepasiseks sukurti nepriekaištingo modelio vien dėl to, kad dalykinė sritis per daug sudėtinga ar neaiški. Gera žinia ta, kad ir netobulus modelius galima labai sėkmingai panaudoti pristatymams, o surinkti daugiau informacijos ir modelius patobulinti galima bet kuriame etape.

Kad tekstą būtų lengviau skaityti, aiškiai išskirti pagrindinių sąvokų apibrėžimai, o rėmeliuose pateikiami tiesiogiai nesusiję, bet įdomūs pavyzdžiai ar komentarai. Iliustracijos papildo mokymo medžiagą, jos tekste yra numeruotos ir turi pavadinimus. Paveikslėliai pavyzdžiuose juos iliustruoja ir nėra papildomai paaiškinti. Iliustracijų ir paveikslėlių, kurie sukurti ne autorės, šaltiniai yra nurodyti knygos pabaigoje.

## Knygoje naudojami žymėjimai

Supratimui patikrinti skirtų klausimų sudėtingumo lygmenys pažymėti ženkleliais:



pagrindai,



gebėjimas praktiškai taikyti žinias,



sprendimų priėmimas (gilinamasis lygmuo).

Užduočių ir diskusijų pobūdis pažymėtas ženkleliais:



individualus savarankiškas darbas, pristatymas;



grupės savarankiškas darbas, pristatymas;



dvių ar daugiau grupių, savarankiškas darbas, konkurencija;



rezultatų apibendrinimas grupėje;



diskusija, sąvokų išsiaiškinimas, problemos aptarimas, kryžminė kritika grupėje;



intensyvūs svarstymai, problemos sprendimas grupėje.

1.

# MODELIAVIMAS

*Visi modeliai klaidingi, bet kai kurie – naudingi.*

*George Box*



## 1.1 Modeliavimo prasmė ir pagrindinės sąvokos

Dauguma reiškinių, kurie reikalauja mūsų dėmesio, kuriuos svarbu pažinti ir suprasti dėl įvairių priežasčių, yra labai sudėtingi. Pavyzdžiui, tiriama teritorija, nors ir nedidelė, apima labai daug įvairių objektų, kurie susiję dar didesniu skaičiumi ryšių. Kiekvienas gyvas padaras turi ne tik nekintamas savybes, bet daugybę laikinų savybių, judėjimo ir kito elgesio ypatumus, yra susijęs su kitais gyvūnais ir su aplinka. Viskas kinta laikui bėgant. Jei bandytume išsamiai aprašyti viską, ką įmanoma sužinoti, paaiškėtų, kad to padaryti tiesiog neįmanoma. Iš kitos pusės, kai tiriamo teritoriją arba gyvūnus, mus dažniausiai domina tik kai kurios jų savybės, į kitas galime tiesiog nekreipti dėmesio.

Tam, kad galėtume suprasti ir tyrinėti didelio masto, sudėtingus ar intervencijos netoleruojančius objektus ar reiškinius, naudojame jų modelius. Modeliai padeda ir tada, kai tiriamas objektas nėra labai sudėtingas – jų dėka galime sutaupyti laiko, gauti standartizuotus rezultatus, išvengti įvairių sąnaudų, susijusių su realiais eksperimentais.

**Sistema** – tarpusavyje apibrėžtais, neatsitiktiniais ryšiais susijusių elementų aibė, kuri gali būti traktuojama kaip visuma, turinti bendras savybes ir funkcijas.

**Modelis** – esminių realios sistemos savybių išraiška, kuri atspindi sistemos elgesį ir padeda ją tirti, naudoti ar prognozuoti.

Kurdami modelius naudojame *loginius metodus* – atranką, apibendrinimą ir idealizavimą. Iš daugelio galimų objektų ir savybių pasirenkame tik tai, kas svarbiausia, ignoruojame detales ir nereikšmingus skirtumus. Modelis nėra tikslus ir išsamus sistemos aprašymas.

Kiekvienas *žemėlapis* yra kartografinis teritorijos modelis, kuriame pakeistas ir objektų dydis, ir, jei žemėlapis plokštumoje, erdvės matavimų skaičius. Žemėlapių dėka galime įvertinti objektų sklaidą teritorijoje, kurios niekaip neapreptume žvilgsniu. Juose galime matyti šiaip nematomus objektus – esančius po žeme, tokius kaip vamzdynai ar naudingųjų iškasenų telkiniai; sutartinius, tokius kaip administracinės ribos, įvairius matavimų ir statistinius duomenis, tokius kaip miesto gyventojų skaičius, oro temperatūra ar kritulių kiekis.

Žemėlapiai kaip modeliai įdomūs dviem aspektais:

- a) tai vaizdiniai modeliai, kurių pagrindinė vertė – greitas ir natūralus interpretavimas bei kompleksiškos išvalgos apie erdvines savybes, kurios gali būti iš anksto nepastebėtos ir specialiai žemėlapyje nevaizduotos. Pavyzdžiui, vienas žvilgsnis į Lietuvos piliakalnių žemėlapi leidžia suprasti, kad dauguma jų yra šalia upių. Nežinome tikslaus atsakymo, kodėl vizuali analizė yra tokia efektyvi, bet jis siejamas su galbūt įgimtais žmogaus suvokimo ir mąstymo ypatumais;
- b) Žemėlapiuose vaizduojama reali situacija dažniausiai ne tik supaprastinama ir apibendrinama, bet ir *papildoma*. Taip, pavyzdžiui, pridedami vietovardžiai ir sutartiniai ženklai, perteikiantys įvairiausias nematomas savybes.

Modeliai gali būti labai įvairūs ir naudojami praktiškai visose veiklos srityse.

Modeliavimo svarbą galima iliustruoti pavyzdžiu, kurį pateikia UML kūrėjai Greidis Bučas, Džeimsas Rambo ir Aivaras Jakobsonas (Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson).

Jei reikia būdos šuniui, galima pradėti turint keletą lentų, vinių bei pagrindinius įrankius – pjūklą, plaktuką ir matavimo juostą. Per keletą valandų šiek tiek apgalvojus iš anksto, be jokios pagalbos įmanoma pagaminti pakankamai funkcionalų statinį. Jei tik jis yra pakankamai didelis ir lyjant nepraleidžia vandens, šuo turėtų būti patenkintas. Jei taip nėra, galima sukalti naują būdą arba įsigyti ne tokį reiklų šunį.

Jei norite pastatyti namą savo šeimai, taip pat galima pradėti nuo rąstų ir pagrindinių įrankių. Tačiau vargu ar taip dirbant visą laiką pavyks pasiekti gero rezultato, nebent jau esate taip statę namus daug kartų. Be to, ir šeima bus žymiai reiklesnė, negu šuo. Taigi, dar prieš įkalant pirmąją vinį geriau pasidaryti keletą eskizų, kaip namas turėtų atrodyti. Jei norite gero namo, kuris atitiktų jūsų šeimos poreikius ir statybas reglamentuojančius dokumentus, teks parengti detalius planus, numatant patalpų paskirtį, elektros, šilumos ir nuotėkų įrangą. Pagal tokius planus galima apytiksliai įvertinti, kiek laiko ir medžiagų prireiks statybos darbams. Nors teoriškai įmanoma viską atlikti vienam, daug paprasčiau dirbti keliese, be to dar naudojantis įvairiomis paslaugomis ir gatavais produktais. Jei per daug nenukrypsite nuo plano ir sąmatos, tikėtina, kad rezultatas bus priimtinas. Be abejo, nesėkmės atveju pasekmės bus kur kas skaudesnės.

Jei statote komercinės paskirties daugiaaukštį, pradėti nuo medžiagų ir įrankių būtų neįtikėtina kvaila. Visi investuotojai turės reikalavimų pastato dydžiui, formai ir stiliui. Be to, pradėjus statybą, tie reikalavimai dažnai keisis. Būtina labai detalai planuoti, nes nesėkmės kaina didelė. Darbus atliks vykdytojų grupė, kuriai reikės įvairiausių planų ir tarpusavio bendravimo priemonių. Jei žmonės bus parinkti tinkamai, o jūs nuolat stebėsite ir valdysite architekto idėjos įgyvendinimą, galima tikėtis, kad pastatas atitiks naudotojų poreikius. Darant tą daug kartų, išmokstama naudotojų reikalavimus derinti su technologijų ar finansų diktuojamomis sąlygomis ir nerizikuoti prisiimant nerealius įsipareigojimus.

Modeliai būtini ir kuriant *kompiuterines sistemas*. Daugelis skaitmeninius duomenų produktus, tarp jų ir geografines duomenų bazines bei žemėlapius kuriančių organizacijų įgyvendina projektus, prilygstančius daugiaaukščių statybai, bet dirba tarsi statydamos šuns būdą. Kartais projektai pavyksta sėkmingai susiklosčiusių aplinkybių dėka (tinkami žmonės tinkamu laiku ir pan.). Tačiau jei nepasiseka, įdėtas papildomas didelis darbas visai nebūtinai pasiteisins. Šuns būda, pasiekusi daugiaaukščio dydį, sugrius nuo savo pačios svorio. Nesėkmingi projektai žlunga dėl labai įvairių priežasčių, tuo tarpu visi sėkmingi projektai yra

panašūs jų valdymo požiūriu. Vienas jungiantis ypatumas – juose kryptingai taikomas modeliavimas.

Šioje knygoje pagrindinį dėmesį skirsime būtent *informacijos* modeliams. Nesvarbu, kokį modelį kurtume, neįmanoma nepagalvoti apie tai, kokia informacija jis yra pagrįstas, ir kaip tą informaciją efektyviai apdoroti.

Žemėlapiai yra informacijos modeliai. Juos sudaro geografinių objektų modeliai – brėžinio elementai (linijos ir poligonai) bei grafiniai simboliai, kuriuos vadiname sutartiniais ženklais. Šiuolaikiniai interneto žemėlapiai darosi vis panašesni į informacines sistemas – jie ne tik perteikia objektų vaizdą, bet turi interaktyvias aplinkas ir įrankius, informacija juose dinamiškai atnaujinama ar net kuriama (įvedama) tiesiogiai žemėlapyje.

Statistikas J. Michael Steele yra pakomentavęs skyriaus pradžioje pateiktą G. Box aforizmą:

„... yra nuostabių modelių – pavyzdžiui, miestų žemėlapiai. [...] Jei sakau, kad žemėlapis klaidingas, turiu omenyje neteisingą pastato pavadinimą arba neteisingai nurodytą gatvės eismo kryptį. Bet niekada nesitikėčiau, kad žemėlapis atkurs fizinę realybę. Mane trikdo tik tie atvejai, kai iš žemėlapių negaunu atsakymų, kurie turėtų jame būti. [...] Nors žemėlapių galima laikyti modeliu, tiksliau sakyti, kad jis yra duomenų bazė su vaizdavimo galimybe. Tokios duomenų bazės gali būti teisingos. Tai ne tie atvejai, apie kuriuos kalba G. Box.“



Bet koks modeliavimas yra grindžiamas *sistemų analizės* principais. Į sprendžiamą problemą žiūrima kaip į sistemą:

- yra aprašyti sistemą sudarantys komponentai, kuriuos galima atskirti vieną nuo kito ir
- nurodyti ryšiai tarp komponentų.

**Sistemos komponentas** – sistemos dalis, atskiriama nuo kitų dalių ir pasižyminti savarankiškumu struktūros ar veiklos prasme.

**Sistemos elementas** – mažiausias neskaidomas nagrinėjamos sistemos komponentas.

Komponentų apimtis ir sudėtingumas priklauso nuo sistemos tyrimų tikslo ir jų detalumo. Paprastai galima pasakyti, kad nustojama skaidyti tada, kai vidinė elemento struktūra nebedomins tyrėjo. Kitaip tas „elementas“ dar turi būti skaidomas

Elementui sistemų analizėje keliami tam tikri reikalavimai.

- Vientisumas (sąlyginis) – elementas turi būti lengvai atskirtas nagrinėjamoje sistemoje, o prireikus gali būti tiriamas kaip savarankiškas objektas.
- Apibrėžtos ribos – turi būti žinoma elemento padėtis kitų elementų atžvilgiu.
- Elementų priklausymas vienam taksonominiam rangui vieno tyrimo ribose. Tik teisingai parinkus elementus galima sukurti tinkamą modelį.

Informacinės sistemos pagal Lietuvoje galiojantį [Valstybės informacinių sistemų steigimo, kūrimo, modernizavimo ir likvidavimo tvarkos aprašą](#) yra apibrėžiamos per jų organizacinę, informacinę ir funkcinę struktūras. Valstybės IS struktūros privalo būti aprašytos IS nuostatuose, kuriuos galima rasti [Valstybės registru ir informacinių sistemų registre](#).



Informacinės visuomenės plėtros komitetas

Registru ir valstybės informacinių sistemų registras

Laikoma, kad sistema turi *struktūrą*, kuri gali būti nagrinėjama skirtingais pjūviais. Kartais dėl paprastumo tokie pjūviai vadinami skirtingomis sistemos struktūromis, pvz., hierarchinė, ekonominė ir pan. Taip pat sistema atlieka įvairias *funkcijas*, kurios gali būti logiškai sugrupuotos į *funkcinę* struktūrą.

**Struktūra** – tiriamos sistemos (objekto) vidinė sandara, komponentai ir jų tarpusavio ryšiai.

**Funkcijos** – tiriamo objekto vykdomi veiksmai.

**Funkcinė struktūra** – hierarchiškai ar kitaip susietos sistemos sudedamųjų dalių atliekamos funkcijos.

**Sistemos aplinka** – sistemai nepriklausantys objektai, kurie yra susiję su sistema, bet modelyje neskaidomi. Jie gali būti konkretizuoti per išorinius ryšius (pavyzdžiui, geografinė aplinka, istorinės raidos sąlygos, duomenų šaltiniai, adresatai ir pan.; paslaugų gavėjai, kitos sistemos).

Toliau šioje knygoje aptarsime *informacines sistemas* ir jų modeliavimą.

**Informacinė sistema (IS)** – kuriam nors konkrečiam tikslui pasiekti reikalingą informaciją apdorojanti teisinių, organizacinių, metodinių, techninių ir programinių priemonių visuma.

Geras modelis yra supaprastintas realaus objekto ar sistemos vaizdas, kuriame yra visi svarbūs elementai, ir neįtraukti tie, kurie nereikšmingi. Reikšmingi ir nereikšmingi dalykai priklauso nuo modelio *paskirties* ir *mastelio*. To paties objekto modelis gali būti ir labai detalus ir labai bendras, jis gali atspindėti skirtingas savybes.

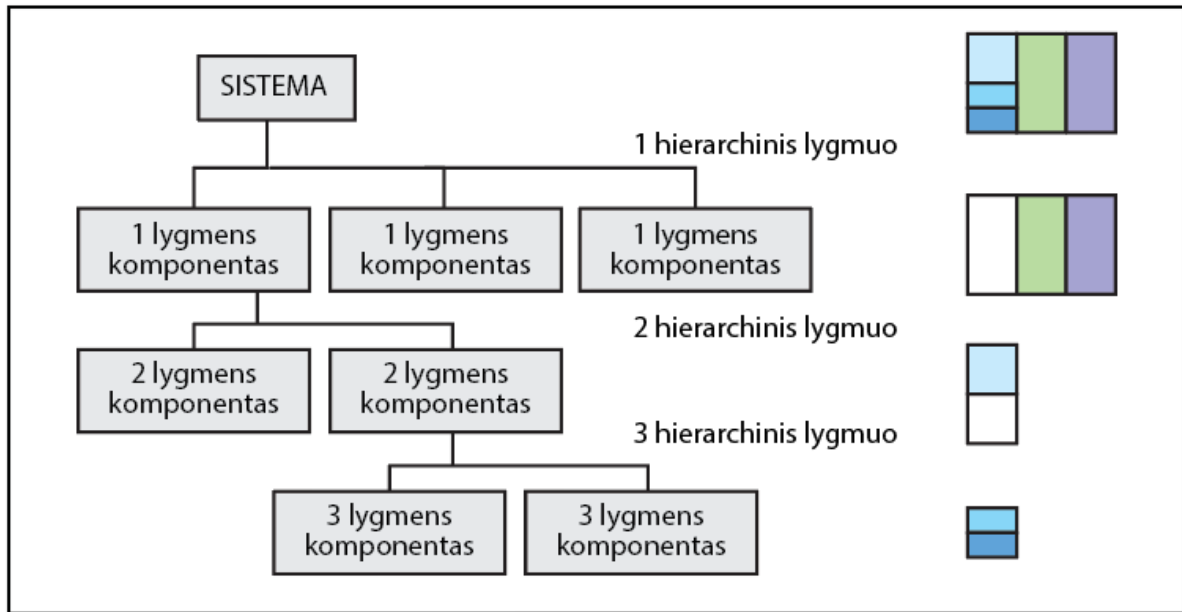
Kuriant modelį bandoma iš daugelio galimų elementų ir jų savybių išskirti pagrindinius, išryškinti esminius jų tarpusavio ryšius ir atmesti kitus, kurie konkrečiame kontekste yra neesminiai. Palaipsniui sudėtinga problema tampa skaidresnė ir suprantamesnė, įvairūs iš pirmo žvilgsnio nesusiję reiškiniai susijungia į naują loginę visumą, kuri yra panaši į modeliuojamą realų objektą, tačiau, kaip sistema, yra daug paprastesnė.



**1 pav.** Objektas ir jo grafinis modelis

*Hierarchija* yra sąvoka, susijusi su sistemos dalumo savybe. Daugelis sistemų gali būti suskaidytos į vienos ar kelių rūšių posistemes. Posistemės taip pat gali būti skaidomos. Skaidoma gali būti tol, kol posistemės netampa elementais, kaip parodyta 2 paveiksle.

**Hierarchija** (gr. ιεραρχία – aukščiausiojo [šventojo] valdžia) – struktūra, perteikianti ryšius tarp „aukštesnių“ (t.y., bendresnių, jungiančių, valdančių ar kitaip svarbesnių) ir „žemesnių“ (t.y., konkretesnių, dalinių, pavaldžių ar kitaip priklausomų) komponentų.



**2 pav.** Hierarchinė sistemos struktūra

Teritorinės sistemos, kurių modeliai dažnai yra žemėlapiai, turi specifinių savybių, susijusių su tuo, kad erdvės komponentas yra ypač svarbus.

- Teritorinis bendrumas. Sistemos komponentai visada susieti su konkrečia teritorija, kuri turi apibrėžtas ribas. Komponentų geografinė padėtis dažniausiai išskiriama kaip vienas iš jų parametrų. Tai leidžia tirti komponentų tarpusavio išsidėstymą ir jį bandyti optimizuoti.
- Sudėtingumas. Teritorinės sistemos paprastai yra didelės ir sudėtingos, t. y., pasižymi dideliu komponentų ir jų tarpusavio ryšių skaičiumi, sudėtinga hierarchine struktūra. Kelių sluoksnių teritorinėse sistemose egzistuoja įvairūs ryšiai: horizontalūs – tarp komponentų viename lygmenyje ir vertikalūs – tarp skirtingų lygmenų komponentų. Ryšiai gali atspindėti labai įvairius dalykus – medžiagų apytaką, gyventojų migraciją, transporto srautų valdymą ir pan. Ryšiai gali būti nuolatiniai ir laikini bei skirtingos svarbos.
- Dinamiškumas. Teritorinių sistemų būseną kinta laike, t. y., keičiasi sistemos komponentai, jų savybės ir ryšiai.
- Aprėptis. Teritorinės sistemos yra didelės. Jos gali apimti ne tik miesto rajoną ar miško kvartalą, bet ir didelį geografinį regioną. Todėl jų modeliuose visada svarbus

mastelis, kuris turi būti vienodas viename modelio lygmenyje. Dinaminiuose teritorinių sistemų modeliuose svarbus ne tik erdvės, bet ir laiko mastelis.

Modeliai kuriami visų pirma tam, kad būtų galima geriau suprasti kuriamą sistemą, nes sudėtingų sistemų žmonės jau nesugeba aprėpti kaip visumos. Modeliai leidžia susiaurinti nagrinėjamas problemas iki vieno konkretaus sistemos aspekto vienu metu (“skaldyk ir valdyk“ principas) arba aprėpti visą sistemą aukštesniu abstrakcijos lygmeniu. Taip pasiekiami keturi techniniai tikslai.

1. Modelis padeda vizualizuoti esamą ar norimą sistemą.
2. Modelis leidžia aprašyti sistemos struktūrą ar elgseną.
3. Modelis yra sprendimus aprašantis dokumentas.
4. Modelis gali būti naudojamas kaip kompiuterinės sistemos (kuri, savo ruožtu, yra modelis) kūrimo šablonas.

Žvelgiant toliau, galima įvardyti konkretesnius tikslus, kuriais modeliai *naudojami*.



**Inventorizavimas.** Modeliai nuolat kuriami tam, kad suprastume, nustatytume, kaip vyksta įvairūs procesai, kaip sudarytas vienas ar kitas objektas, kokia jo struktūra, pagrindinės savybės. Dažnai tam, kad apskritai galėtume priimti kokius nors sprendimus, reikia turėti sukauptų duomenų apie konkrečius objektus. Inventorizavimui skirti modeliai – tai struktūros, formos, šablonai, kurių dėka galima vienodai aprašyti objektus.

Kiekvienas inventorinis žemėlapis, pavyzdžiui, nekilnojamojo turto kadastro ar naudingųjų iškasenų telkinių, yra apžvalgai tinkamas modelis. Kitas pavyzdys – skaitmeninis reljefo modelis. Kadangi tai sumažintas trimatis teritorijos vaizdas, paprastai kompiuterinis, jį patogiu apžvelgti kaip visumą, galima pasukti norimu kampu, kad geriau įsivaizduotume vietovės paviršių. Nuspalvinus skaitmeninį paviršių pagal aukščių reikšmę, aukščių skirtumai dar labiau išryškės, juos galima sugrupuoti, pavyzdžiui, į žemumas, aukštumas ir lygumas. Analizuoti galima tą patį skaitmeninį reljefo modelį, pavyzdžiui, apskaičiuojant tūrius, esančius žemiau tam tikro lygio arba vertinant šlaitų polinkius maršruto linijoje.



*Duomenų bazė ir žemėlapis* – tai labiausiai paplitę inventoriniai modeliai. Duomenų bazė gali būti ir neužpildyta. Klasikinis spausdintas žemėlapis be duomenų neįsivaizduojamas, tačiau šiuolaikinis kompiuterinis žemėlapis gali būti tik modelis – aprašytos duomenų struktūros, sutartiniai ženklai ir taisyklės, kaip geografiniai objektai tais ženklais vaizduojami. Inventorizavimas gali būti vienintelis duomenų kaupimo tikslas, tačiau turint duomenis paprastai norima gauti iš jų daugiau naudos.



**Administravimas.** Šis tikslas glaudžiai susijęs su inventorizavimu ir padeda efektyviai teikti įvairias paslaugas. Administravimo modeliai paprastai apima ir duomenų struktūras, ir procedūras (detalius veiklos procesų modelius), pavyzdžiui, nekilnojamojo turto kadastro išrašo forma ir jo išdavimo procesas; bibliotekos leidinio kortelė ir knygos paieškos procesas; receptas ir jo išrašymo procesas ir kt.



**Analizė.** Geras modelis padeda pažinti objektą, procesą ar reiškinį. Sudėtingi modeliai apima daugiau objektų, aprašo ir jų raidos dėsnius, tarpusavio sąveiką. Sukurti modeliai gali būti analizuojami keičiant jų parametrus, kad išmoktume valdyti objektą, procesą ar reiškinį. Modelio analizė reikalauja kur kas mažiau sąnaudų, negu realaus reiškinio. Analizė gali būti labai paprasta, pavyzdžiui, pirminis situacijos įvertinimas – apžvalga, ir labai sudėtinga, pavyzdžiui reiškinio sklaidos ir dinamikos analizė. Pavyzdžiui, analizuojant registruotus eismo įvykius galima nustatyti, kuriose vietose jų daugiausia ir atitinkamose vietose planuoti prevencijos priemonės.



**Prognozės.** Naudojant modelį galima sukurti situaciją, kitokią, negu yra modelio kūrimo metu, t. y., persikelti į ateitį (arba į praeitį), atlikti simuliaciją su įvairiais parametru deriniais. Remiantis prognozių rezultatais galima priimti geresnius planavimo sprendimus. Turbūt dažniausiai matomas pavyzdys – meteorologinės prognozės, kurioms naudojami labai sudėtingi skaitmeniniai orų modeliai. Transporto srautų valdymo sistema pagrįsta gatvių tinklo modeliu ir dinaminiais parametrais, kuriuos keičiant galima nustatyti, kur ir kada susidarys transporto spūstys, kur reikia naujo šviesoforo ar pėsčiųjų perėjos.



**Tyrimai.** Šis tikslas apima visus ankstesnius. Tyrimai nuo paprastos analizės skiriasi tuo, kad, naudojant modelius keliamos hipotezės, tikrinamas jų teisingumas, kuriamos naujos žinios. Su modeliais galima atlikti eksperimentus, kurie su realiomis sistemomis būtų



per brangūs (pavyzdžiui eksperimentai su realiais transporto srautais), neetiški (eksperimentai su žmonių grupėmis kritinėse situacijose), ar apskritai neįmanomi (pavyzdžiui, tektoninių plokščių procesų stebėjimas ar valdymas).

Modeliavimas reikalauja darbo sąnaudų, todėl jos turi būti proporcingos modelio naudai. Labai paprastiems projektams nėra prasmės kurti sudėtingus modelius. Tačiau vienoks ar kitoks pradinis modeliavimas, nors ne visada suvokiamas, neišvengiamai įvyksta visada.

## 1.2 Modelių tipai

Pagal modeliavimo priemones modeliai gali būti fiziniai, matematiniai, grafiniai ir koncepciniai.

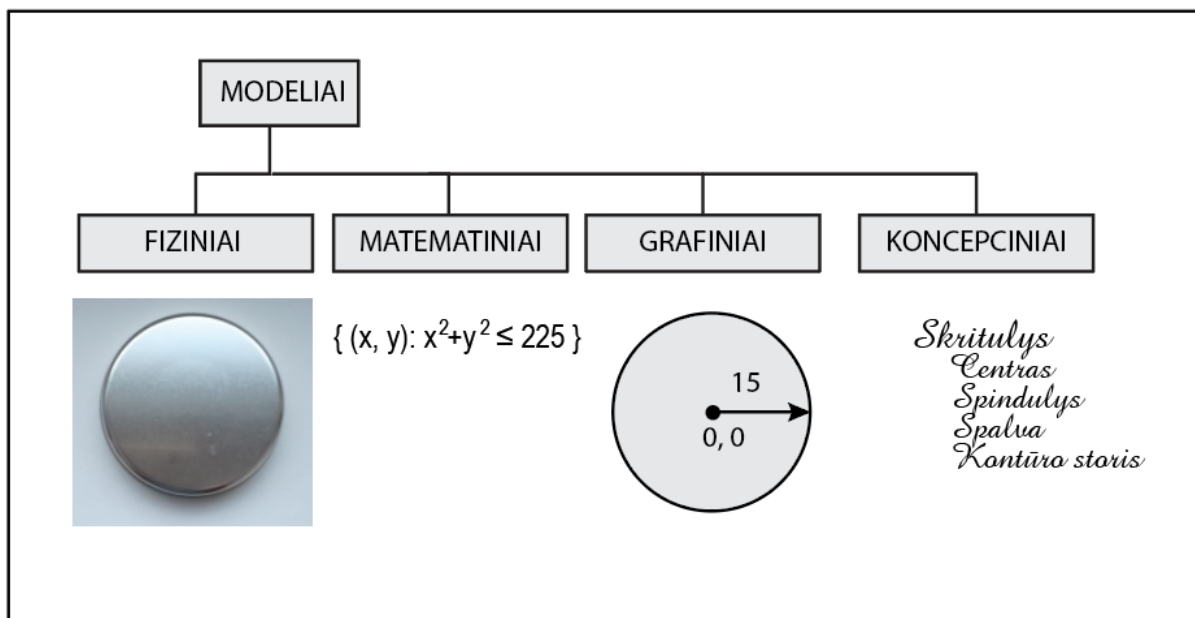
**Fizinis modelis** yra konkretus daiktas, panašus į modeliuojamą objektą savo fizinėmis savybėmis, pavyzdžiui, proporcijomis, spalva, konstrukciniais elementais, veikimo principu ir pan.

Kitų tipų modeliai yra daugiau ar mažiau *abstraktūs*.

**Matematiniai modeliai** yra patys abstrakčiausi. Jie sudaromi naudojant tik matematinės sąvokas ir išraiškas, taigi, aprašo sistemą rinkiniu kintamųjų, ir rinkiniu lygčių, kurios susieja kintamuosius tarpusavyje.

**Grafiniai modeliai** – tai brėžiniai, ženklai, piešiniai ir kiti tam tikro mastelio grafiniai objektų atvaizdai. Žemėlapiai yra kartografiniai modeliai, taip pat priskiriami šiai grupei.

**Koncepciniai modeliai** aprašo modeliuojamą objektą sąvokomis. Juose naudojami natūraliųjų ar dirbtinių kalbų žodžiai ir išraiškos. Kai sąvokų prasmė atitinka kalboje vartojamų žodžių prasmę, koncepciniai modeliai vadinami *semantiniais*. Jei naudojamos abstrakčios, koduotos sąvokos, koncepciniai modeliai dar vadinami *loginiais*.



3 pav. Modelių tipai ir pavyzdžiai

Pagal paskirtį modeliai gali būti **aprašomieji**, vaizduojantys modeliuojamą objektą tokį, koks jis yra, arba **analitiniai**, su keičiamais parametrais, naudojami simuliacijoms.

Kiekviena sistema gali būti aprašyta skirtingais aspektais naudojant skirtingus modelius. Kiekvienas taisyklingas modelis yra semantiškai uždara abstrakcija. Sudėtingoms sistemoms dažniausiai neužtenka vieno modelio, tenka naudoti daug praktiškai nepriklausomų (tačiau, be abejo, susijusių tarpusavyje) modelių, aprašančių skirtingus sistemos aspektus iš skirtingų požiūrio taškų.

Modeliai gali būti skirstomi pagal tai, ar jie atspindi modeliuojamo objekto kitimą laike:

- a) **statiniai (struktūriniai)** modeliai aprašo sistemos komponentus ir jų ryšius konkrečiu laiko momentu, arba
- b) **dinaminiai** modeliai aprašo sistemos *elgseną* – struktūros ir ryšių kitimą laike (dinamiką).

Pagal tai, kiek tiksliai modeliai atitinka tikrovę, ar įtraukiami atsitiktiniai veiksniai, jie skirstomi taip:

- a) **determinuoti** modeliai, kurie vienu ar kitu tikslumu vaizduoja *žinomas* reikšmes. Tokie modeliai gali apimti tam tikrą sistemos vystymosi kryptį ir leidžia prognozuoti, tačiau naudoja tik apibrėžtus parametrus; ir
- b) **stochastiniai** (tikimybiniai) modeliai, kuriuose greta nekintamų reikšmių naudojamos ir atsitiktiniais skaičiais modeliuojamos skirtingų sistemos būsenų tikimybės bei jų kitimas. Taip atliekama ne iki galo pažinto reiškinių simuliacija. Gali būti ir statiniai tikimybiniai modeliai, kurie tiesiog aprašo tikimybes, pavyzdžiui, kaip pasiskirstys rinkėjų balsai, kokia yra piliečio rizika tapti nusikaltimo auka vienoje ar kitoje teritorijoje, gamtinė rizika ir pan.

Statinio determinuoto modelio pavyzdys – konkrečios datos ortofotografinis žemėlapis. Jame pateikta informacija nekinta. Dinaminis determinuotas modelis galėtų būti animacija, vaizduojanti žemėlapių kitimą laike. Stochastinis modelis galėtų būti taikomas vandens telkinio krantui vaizduoti – iš tiesų kranto linija yra labai kintamas objektas, kurio tiksli padėtis žemėlapyje priklauso nuo vandens lygio matavimo metu. Įprastame žemėlapyje ežero kranto linija yra geometriškai tiksli ir nekintama, tačiau iš tiesų ji yra atsitiktinė tam tikruose režimuose – priklauso nuo konkrečiu laikotarpiu iškritusių kritulių, temperatūros, mikroreljefo pokyčių, o neretai ir nuo to, kaip matuotojas interpretavo žole užžėlusį atabrada.

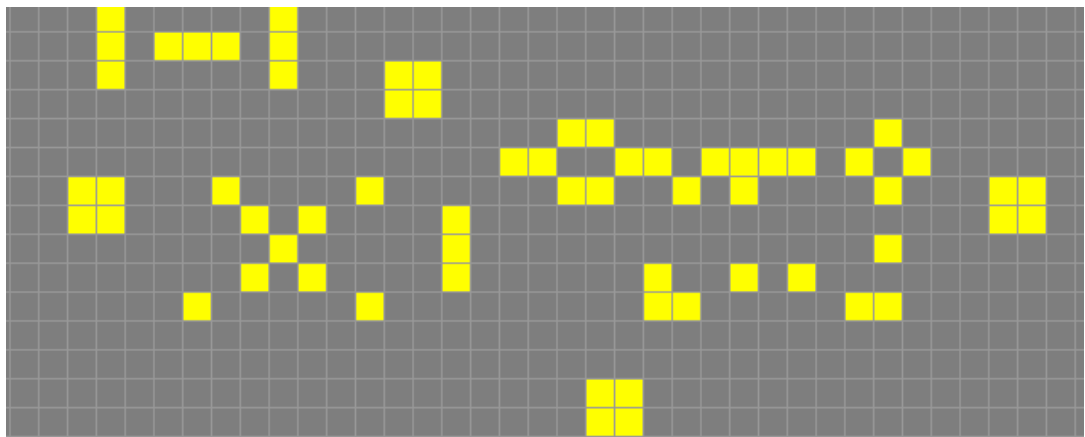


Gali kilti klausimas, kaip modeliuose gali būti naudingi atsitiktiniai skaičiai. Juk atsitiktinių skaičiaus esmė ir yra ta, kad mes jų negalime iš anksto žinoti ar kaip nors kontroliuoti. Vis

dėlto, praktika rodo, kad modeliuojant sudėtingus, daugelio veiksnių veikiamus realaus pasaulio procesus, pasižyminčius neapibrėžtumu, įvedus atsitiktinius skaičius galima gauti geresnes prognozes, negu taikant apibrėžtas kitimo formules. Žinoma, atsitiktiniams skaičiams keliami reikalavimai yra pagrįsti istoriniais duomenimis apie išmatuotų dydžių variaciją. Vienas žinomiausių stochastinio modeliavimo pavyzdžių yra *Monte Carlo* metodas, kuriuo simuliuojama, kaip galėtų keistis investicijų portfelis, remiantis atskirų akcijų gražos tikimybių pasiskirstymu. Šis metodas taip pat naudojamas scenarijų modeliavimui vertinant projektų rizikas.

Dinaminiai modeliai dažniausiai kompiuterizuojami, t.y., sukuriama skaitmeniniai objektai, kurie kinta griežtai pagal iš anksto žinomus dėsningumus jei modelis determinuotas, arba įvedant apibrėžto dydžio atsitiktinumą, jei modelis stochastinis. Pavyzdžiui, modeliuojant ekosistemą, galima sukurti kompiuterinius gyvūnų modelius, kurių elgseną – gimimą, augimą, maitinimąsi, dauginimąsi, judėjimą ir kt., aprašo tam tikros funkcijos. Tačiau modelis, kuriame visi populiacijos individai žūsta sulaukę to paties, statistiškai įvertinto, amžiaus, būtų labai ribotas ir neatitiktų gyvenime esančios įvairovės. Todėl galima įvesti parametą, kurio reikšmė yra atsitiktinė parinktame intervale, ir ta reikšme padidinti ar sumažinti kiekvieno individo gyvavimo trukmę. Dar svarbesnis atsitiktinumas modeliuojant judėjimą. Judėjimas kuria nors kryptimi priklauso nuo tikslo – pavyzdžiui, bėgti nuo plėšrūno, maitintis ar daugintis, bet pasirinkta trajektorija priklauso nuo labai įvairių tarpusavyje susijusių veiksnių, kurių įtaką geriausiai modeliuoja atsitiktiniai skaičiai.

Su įdomiu determinuotu dinaminio modeliu galima susipažinti apsilankius „Game of Life“ puslapyje (<https://playgameoflife.com/>). „Life“ („Gyvenimo“) modelis labai paprastas: elementas – gardelė stačiakampiame tinklelyje, turintis 2, arba 3 kaimynus, per kiekvieną laiko žingsnį „išgyvena“, turintis mažiau arba daugiau – išnyksta. Apsuptame lygiai trijų elementų tuščiame langelyje „gimsta“ naujas. Pasirinkus skirtingas pradines konfigūracijas, galima stebėti labai skirtingas baigtis – nuo elementų išnykimo ar vartimo nejudančiais iki amžinai erdvėje „pulsuojančių“, „keliaujančių“ ar vienodus naujus elementus gaminančių struktūrų.





Virtualieji modeliai. Jau aptarėme kai kuriuos modelių realizacijas, panaudojant programines priemones, atvejus. Šiuolaikinio matematinio modeliavimo esmė yra tiriamo realaus objekto (proceso, reiškinių, sistemos) pakeitimas jo „atvaizdu“ – matematiniu modeliu, o vėliau – virtualiuoju objektu (matematinio modelio kompiuterine realizacija). Informacinės technologijos leidžia kurti ir nagrinėti labai sudėtingus matematinius modelius, o matematinius uždavinius, kurių neįmanoma išspręsti analiziškai, spręsti jų artiniais.

Kompiuterinės vizualizacijos leidžia ekrane stebėti procesus, realiai vykstančius labai greitai, labai nutolusius, labai mažo ar labai didelio masto, arba tiesiog pavojingus ar neįmanomus įgyvendinti eksperimento sąlygomis.

*Virtualiosios realybės (VR) ar išplėtosios realybės (AR) modeliai* – tai įtraukios aplinkos, kuriose sukuriama realių sistemų skaitmeniniai „dvyniai“. Tokie modeliai yra beveik tokie pat sudėtingi, kaip modeliuojami objektai.

### 1.3 Bendrieji modeliavimo principai ir etapai

Modelis turi *tinkamai* atspindėti esmines sistemos savybes, t. y., būti toks, kad juo naudojantis būtų nesunku išvelgti sistemos esminius ypatumus ir galimus pavojus ją kuriant. Per daug sudėtingas modelis gali nukreipti dėmesį į nesvarbius aspektus. Per daug minimalistinis modelis nebus naudingas, nebent vaizduoja sistemą labai abstrakčiai ir yra skirtas tik pradiniam suvokimui.

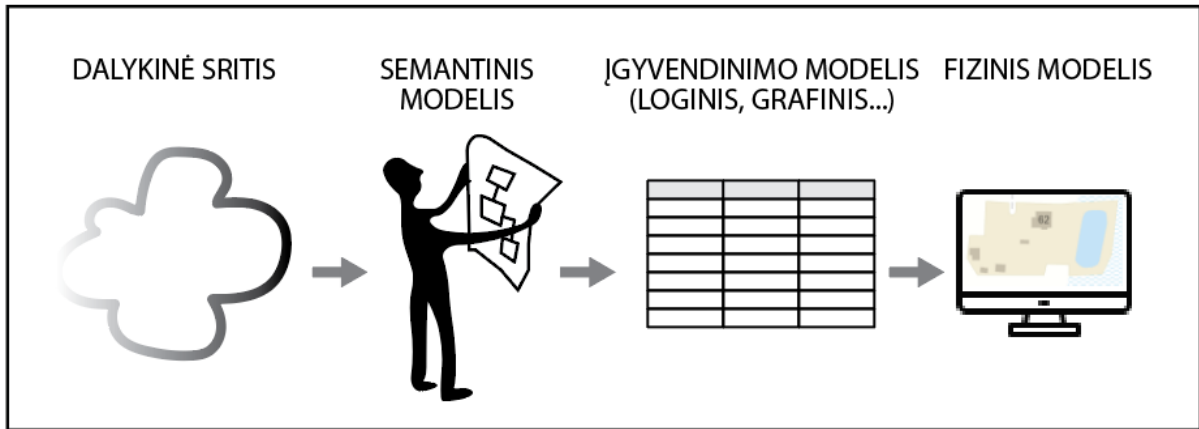
Modelis turi *atitikti realias sąlygas*. Vien tik idealiomis sąlygomis veikiančys modeliai nepasiteisina. Taigi, supaprastinant svarbu nepraleisti svarbių detalių.

Kuriant bet kokio tipo modelį labai svarbūs loginiai metodai. *Palyginimas*, *vertinimas* ir *prioritetų išskyrimas* padeda parinkti elementus, kurie būtini ar svarbūs, atsisakant mažiau svarbių ar apskritai nereikšmingų. Tikslūs vardai ir *apibrėžimai* leidžia vienodai suprasti, kas modeliuojama. *Klasifikavimas* padeda išaiškinti sistemos struktūrą, todėl jis privalo būti taisyklingas.

Geras modelis yra:

- susietas – kiekvienas modelio elementas susijęs su bent vienu kitu elementu. Šis reikalavimas atspindi sistemos, kaip vieneto, vientisumo savybę;
- išsamus – nėra praleista nė viena esminė sistemos dalis ar funkcija;
- neperteklinis – modelyje nėra elementų, kurie nebūtų reikalingi norint suprasti sistemą, dalykai, kurie gali būti apibendrinti, yra tinkamai apibendrinti, elementų įvairovė nėra per didelė;
- aiškus – elementai lengvai atpažįstami, kiekvieno elemento pobūdis, paskirtis ir ryšiai su kitais elementais yra vienareikšmiškai suprantami;
- nuoseklus – vieno tipo sistemos elementai vaizduojami vieno tipo modelio elementais, išlaikomas tas pats apibendrinimo lygmuo.

Modeliai paprastai sukuriama ne iš karto. Dažnai tenka išbandyti keletą variantų, juos keisti, taisyti, gerinti. Visais atvejais galima įvardyti tris modelio kūrimo stadijas: dalykinės srities analizė, semantinio modelio kūrimas, loginio ar grafinio modelio kūrimas, fizinis modelio realizavimas.



4 pav. Modeliavimo stadijos (žemėlapiu pavyzdys)



Dalykinės srities analizė atliekama tam, kad būtų išsiaiškintos pagrindinės sąvokos ir nustatytos ribos – kas dar patenka į modelį, o kas jau ne. Šioje stadijoje apibrėžiami kūrimo tikslai ir nustatomi patys bendriausi poreikiai. Tai reiškia, kad analizuojant labai sudėtingą ir įvairią realaus pasaulio informaciją surenkama tai, kas yra tiesiogiai susiję su modelio paskirtimi, apie ką bus kaupiami duomenys, ir atmetama likusi informacija, be kurios galima apsieiti. Labai svarbu apibrėžti dalykinę sritį kiek įmanoma tiksliau, t.y., galėti vienareikšmiškai nustatyti, ar konkretus faktas į ją patenka, ar ne. To nepadarius, rizikuojame prarasti svarbią informaciją arba atvirksčiai, paskęsti gausybėje mažai tarpusavyje susijusių ir didele dalimi nesvarbių faktų.

**Dalykinė sritis** (angl. *domain of discourse, universe of discourse*) – rinkinys sąvokų, apibrėžinčių nagrinėjamame kontekste svarbius objektus ir jų savybes.

Atliekant analizę ir apibrėžiant dalykinę sritį naudojami bendriausi mokslinių tyrimų metodai. Nėra jokių konkrečių nurodymų, ką reikia daryti, kad dalykinė sritis būtų apibrėžta tinkamai. Tai yra tos srities specialistų kompetencijos klausimas. Neretai reikia ne tik žinių, bet ir didelės patirties, kad būtų galima priimti teisingą sprendimą atskiriant svarbią informaciją nuo ne tokios svarbios.



Žinodami svarbiausias dalykinės srities sąvokas, jau turime pagrindą sudaryti semantinį modelį, kuriame šios sąvokos išgryninamos, apibrėžiamos ir operacionalizuojamos. Reikia rasti metodą sutvarkyti, susisteminti ir aprašyti dalykinės srities turinį paprastu būdu. Aprašymas turi būti iš vienos pusės, suprantamas ir patogus žmogui, iš kitos – pakankamai griežto pavidalo tam, kad jį būtų galima perkelti į brėžinius, duomenų bazes ar kitokias

kompiuterines duomenų struktūras. Šiuo metu tokiam aprašymui naudojami semantiniai modeliai, t.y., modeliai, kuriuose naudojamos natūralios kalbos sąvokos. Įprastas semantinio modelio pavidalas yra diagrama.

Labai įprasta iš pradžių sukurti *eskizinį* semantinį modelį, kuriame dalykinės srities informacija vaizduojama bendrais bruožais, nesigilinama į detales. Patikrinus eskizinį modelį ir nusprendus, kad jis tinkamas, jis tikslinamas ir plėtojamas iki *detaliojo* modelio, kuris gali būti naudojamas pristatymams arba konkretesniems modeliams kurti.



Įgyvendinimo modeliai perkelia semantinio modelio informaciją į juos atitinkančias logines struktūras. Pavyzdžiui, kuriant duomenų bazę, numatomos semantinio modelio objektų savybių reikšmės, jų matavimo ir vaizdavimo metodai, sukuriamos struktūros objektų egzemplioriams saugoti – lentelės arba (ir) klasės. Projektuojant statinį ar įrenginį, semantinis modelis perkeliamas į brėžinius, kuriant kompiuterinę programą – į algoritmus. Taigi, vienas semantinis modelis priklausomai nuo poreikio gali būti atvaizduotas įvairiais įgyvendinimo modeliais.



Fizinis modelis – tai paskutinė modelio kūrimo stadija, kurios metu jis gali būti paverčiamas fiziniu daiktu ar skaitmeniniu kodu, iš kurių galima atkurti įgyvendinimo, o iš jo – semantinį modelį. Pavyzdžiui, duomenų bazė išsaugoma kaip konkretaus skaitmeninio formato failas, žemėlapis atspausdinamas, pagal brėžinius sukuriamas pastato maketas.



## 1.4 Semantinis modeliavimas

Kuriant bet kokį modelį visų pirma reikia susigaudyti įmanomų gauti duomenų įvairovėje, atskirti svarbią informaciją, koku nors būdu ją sutvarkyti ir pateikti taip, kad ji atspindėtų esmines dalykinės srities savybes.

**Koncepcinis modeliavimas** (lot. *concept* – sugalvotas, išrastas) – tai informacijos apie kurią nors realaus pasaulio sritį sisteminimo bei vaizdaus pateikimo metodas. Jį naudojant visa informacija aprašoma kalbos *sąvokomis* ir dažnai vaizduojama grafiškai, diagramomis.

Kadangi sąvokomis (žodžiais) ir tik jomis galima aprašyti viską, ką suvokiame, akivaizdu, kad koncepcinis modelis turėtų būti priimtinas žmogui. Tačiau koncepciniai modeliai yra skirtingi. Pavyzdžiui, kompiuterių sistemos architektūros koncepcinis modelis tiesiog terminais ir sutartiniais žymėjimais aprašo aukšto lygmens komponentus (procesoriai, laikmenos, komunikacijos kanalai ir kt.) ir jų sąveiką. Komponentai gali būti apibrėžti įvairiai, vartojami specifiniai terminai nesigilinant į jų prasmę ar interpretaciją. Semantinis modelis yra koncepcinis modelis, kuriame svarbi sąvokų lingvistinė prasmė.

**Semantinis modeliavimas** – duomenų struktūrizavimas pagal jų prasmę, pagrįstas loginėmis sąvokų kategorijomis.

Kaip minėjome anksčiau, semantinis modelis gaunamas apibendrinant sąvokas pagal jų prasmę. Sąvokų yra labai daug, todėl norint įvesti jų sistemoje tvarką, tenka sąvokas apibendrinti konstruojant abstrakčias klases. Semantiniai modeliai gali skirtis klasių skaičiumi ir vaizdavimo būdais. Tačiau jie visi be išimties asocijuojasi su realiais objektais ir jų savybėmis, tokiomis, kokias jas suvokia žmogus, todėl yra lengvai suprantami.



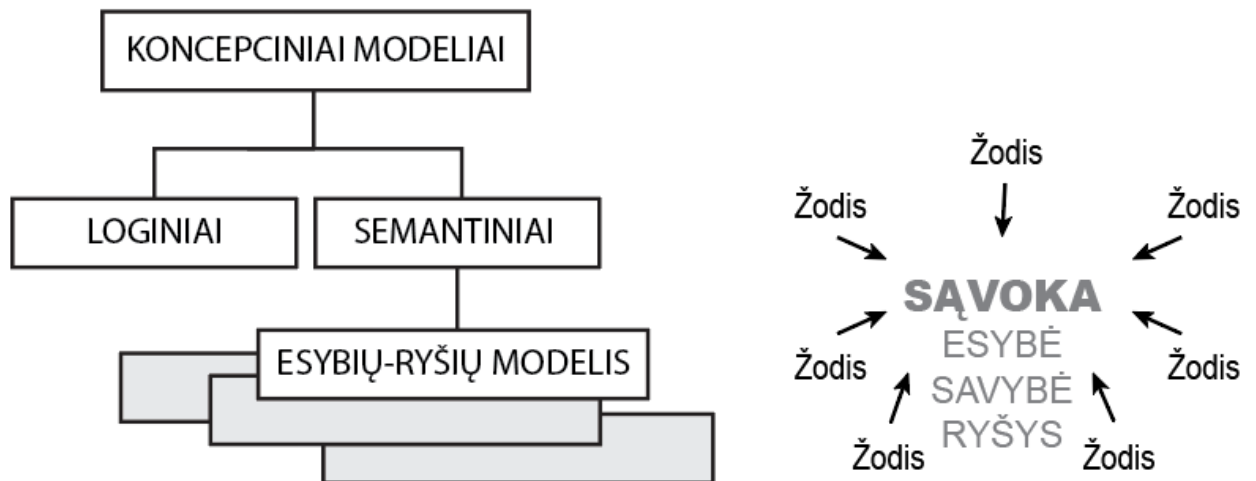
Esybių-ryšių (ER) modeliavimo technologiją 1976 m. pirmą kartą pasiūlė amerikiečių mokslininkas Piteris Čenas (Peter Pin-Shan Chen). JAV gyvenantis mokslininkas gime 1947 metais Taivane, baigė Taivano universitetą ir 1973 m. apsigynė taikomosios matematikos/kompiuterių mokslo daktaro disertaciją Harvardo universitete. Jo originalus straipsnis „*The Entity–Relationship Model – Toward A Unified View of Data*“ laikomas vienu didžiausių įtaką kompiuterių mokslo raidai padariusių publikacijų. Esybių ryšių modeliavimo metodas tapo kertiniu duomenų bazių projektavimo ir informacinių sistemų kūrimo metodu.

**Esybių ryšių (ER) modelis**, kuris pristatomas šioje knygoje, yra semantinis modelis, kuriame naudojamos tik trys sąvokų klasės, o visa dalykinės srities informacija pateikiama diagramomis.

Semantinį modelį turi būti galima lengvai atvaizduoti į formalias matematinės ar logines struktūras, kurios nebūtinai gerai atspindi žmogišką tikrovės suvokimą, bet yra patogios norint apdoroti duomenis automatiškai. Tokios struktūros sudaro dalykinės srities *loginį modelį*.

Semantiniame modeliavime naudojami įvairūs loginiai metodai, detaliau aprašyti kitame skyriuje:

- išskiriamos objektų **aibės**,
- ieškoma bendrų savybių,
- atmetami neesminiai dalykai,
- įvardijamos pagrindinės **sąvokos**.

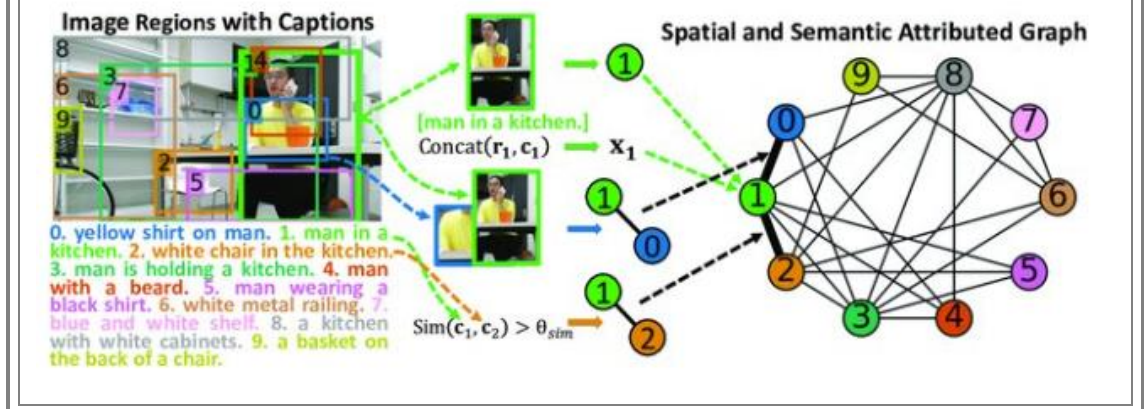


**5 pav.** Esybių ryšių modelis – vienas iš semantinių modelių

Semantinis modelis toliau gali būti naudojamas įvairiais tikslais: pristatyti dalykinę sritį nespecialistui, palyginti ją su kita dalykine sritimi, formuoti paprastos arba geografinės duomenų bazės struktūrai, programuoti algoritmams ir t.t. Vis dėlto, turbūt dažniausiai jis naudojamas kaip pagrindas duomenų bazei projektuoti.

Duomenų bazė taip pat yra realaus pasaulio dalies modelis. Jame saugoma informacija apie objektus – objektų skaitmeniniai atitikmenys. Pirmasis jos kūrėjo uždavinys yra išskirti dalykinės srities kontekste svarbius objektus, dominančias jų savybes, ir nustatyti ryšius tarp objektų. Taip gaunamas modelis, kuriame visa svarbi informacija yra surinkta, apibendrinta ir sutvarkyta bei aprašyta žmogui suprantamomis sąvokomis.

Semantinio modelio pavyzdys gali būti aprašyti geografiniai objektai, kurie bus saugomi duomenų bazėje (pavyzdžiui, upė ir ežeras), su jų neerdviniais atributais (pavyzdžiui, upės vidutinis metinis nuotėkis ir ežero tipas bei vandens druskingumas) ir tarpusavio ryšiais (pavyzdžiui, ežero priklausymas upės baseinui arba upės įtekėjimas į ežerą). Atitinkamas semantinis modelis sudaromas aprašyti grafiniams objektams (sutartiniais ženklams), kuriais vaizduojami išskirti geografiniai objektai ir jų savybės.



## 1.5 Užduotys



Kieno modelis galėtų būti “Gyvenimo” žaidimas (<https://playgameoflife.com/>)? Gal žinote kitų žaidimų, kurie modeliuoja realaus gyvenimo situacijas? Kokias? Aptarkite grupėje.



Išsiaiškinkite MS Word dokumento modelio pagrindinius komponentus. Išmokite juos naudoti, pritaikykite savo kursinio darbo modeliui.



Sukurkite koncepcinį modelį, aprašantį Jūsų pajamas ir išlaidas. Grupėje aptarkite ir sukurkite MS Excel ar kitos elektroninės lentelės skaičiuoklę pajamų ir išlaidų metų balanso modeliui įgyvendinti. Panaudokite skaičiuoklės modelį simuliuoti realistinį, pesimistinį ir optimistinį metų scenarijų.



Panaudokite skaičiuoklę pajamų ir išlaidų balanso modeliui įgyvendinti. Panaudokite skaičiuoklės modelį simuliuoti realistinį, pesimistinį ir optimistinį metų pajamų balanso scenarijų.



Kuo skaičiuoklės modelis skiriasi nuo ankstesnėje užduotyje sukurto koncepcinio modelio? Ar koncepcinis modelis dar reikalingas, jei jau turime skaičiuoklę? Jei taip, kokia jo paskirtis?



Sukurkite Jūsų vykdomam tyrimui naudojamų duomenų srautų modelį. Pasikeiskite darbais, kritiškai įvertinkite ir pakomentuokite, pasiūlykite, kaip jis galėtų būti patobulintas.



Susipažinkite su [Lietuvos Respublikos Valstybės informacinių išteklių valdymo įstatymu](#) ir [Valstybės informacinių sistemų steigimo, kūrimo, modernizavimo ir likvidavimo tvarkos aprašu](#). Susipažinkite su konkrečios valstybės informacinės sistemos organizacine, informacine ir funkcinė struktūra. Aptarkite, kaip visos trys struktūros susijusios.

### Pasitikrinkite žinias



Koks yra fiziškai didžiausias (arba bent įspūdingai didelis) Jums žinomas modelis? O mažiausias?



Kokio tipo modelis yra lėlė marionetė? Apsvarstykite visas Jums žinomas modelių tipologijas.



Ar MS Excel lentelė su miestų pavadinimais ir jų geografinėmis koordinatėmis yra modelis? Kokio tipo tai modelis? Apsvarstykite visas Jums žinomas modelių tipologijas.



Ar 1:1 mastelio žemėlapi galima laikyti modeliu? Pagalvokite, kokiais atvejais toks žemėlapis turėtų prasmę.



Ar galite rasti pavyzdžių interneto žemėlapių, kuriuos galima laikyti statiniu determinuotu, dinaminio determinuotu, statiniu stochastiniu, dinaminio stochastiniu modeliais?



Kokio tipo modelį parinksite, jei norite prognozuoti matematikos egzamino rezultatus savo grupėje? Kodėl? Kokie bus pagrindiniai modelio elementai?

2.

## AIBĒS IR LOGINĒS KLASĒS

*„Kā čia pagaminai?“*

*G'd(w)n niekada negebėjo aiškiai  
atsakyti. „Išorę su vidumi viduje“.*

*Italo Calvino. Le cosmicomiche.*

## 2.1 Aibės ir jų operacijos

Aibė yra viena iš pagrindinių matematikos sąvokų. Kaip sąvoka visumos elementų, turinčių juos jungiantį požymį, ji atsiranda praktiškai kiekvienoje srityje, nors žodis „aibė“ gali būti ir nevertojamas. Todėl svarbu mokėti iš turimų aibių konstruoti naujas aibes, t.y., mokėti aibių veiksmus ir pagrindines jų savybes.

Modeliuodami labai dažnai operuojame apibendrinimais, kurie leidžia didelį skaičių objektų įvardyti viena sąvoka. Taip objektų aibė tampa logine klase.

**Loginė klasė** – tai visuma objektų, turinčių bent vieną bendrą požymį. Loginė klasė matematiškai yra *aibė*.

Skirtumas tarp loginės klasės ir aibės yra tas, kad tos pačios loginės klasės objektai yra panašūs vieni į kitus. To nereikalaujama iš apskritai bet kokios aibės.

Aibės elementų skaičius dažnai nėra svarbus, bet kuriant modelius iš esmės svarbūs šie skirtumai:

1. nė vieno elemento,
2. lygiai vienas elementas,
3. „daug“ elementų:
  - a) nuo dviejų iki kito baigtinio sveiko skaičiaus elementų, ir
  - b) begalinis skaičius elementų.

Jei aibė apibrėžta ne išvardijant elementus, o kokia nors taisykle, gali būti taip, kad ji neturės nė vieno elemento. Tokią (apibrėžtą) aibę vadiname *tuščiąja aibe* ir žymime  $\emptyset$ . Pavyzdžiui, tokia yra aibė Lietuvos susituokusių gyventojų, priklausančių amžiaus grupei nuo 0 iki 10 metų.

Jei kiekvienas aibės  $A$  elementas yra ir aibės  $B$  elementas, sakoma, kad  $A$  yra  $B$  *poaibis*, o  $B$  – aibės  $A$  *viršaiabis*. Tai žymima  $A \subset B$  arba  $B \supset A$ . Pavyzdžiui,  $\{a, b, c\} \subset \{a, b, c, d\}$ .

Remiantis poaibio apibrėžimu, kiekviena aibė yra savo pačios poaibis. Tuščiąją aibę galima laikyti bet kurios kitos aibės poaibiu.  $A \subset A$ ;  $\emptyset \subset A$ . Šie du aibės  $A$  poaibiai vadinami netiesioginiais, o kiti (jei jų yra) – tiesioginiais.

Laikysime, kad visi vienos aibės elementai yra skirtingi. Jei dvi aibės  $A$  ir  $B$  turi visus tuos pačius elementus (tuo atveju jos yra viena kitos poaibiai), jas vadinsime *lygiomis* ir rašysime  $A = B$ .

Nagrinėdami konkretų tam tikros teorijos klausimą, niekada nesusiduriame su visomis galimomis aibėmis, o tik su tomis, kurios tiesiogiai siejasi su sprendžiamu uždaviniu. Todėl

patogu apibrėžti *universaliąją aibę* I, kuri būtų visų toje teorijoje nagrinėjamų aibių viršaišis. Tada bet kuri tos visumos aibė A yra I poaibis.



### Aibių sąjunga.

Aibių A ir B **sąjunga** arba **suma** vadinama aibė, sudaryta iš visų elementų, priklausančių bent vienai iš duotųjų aibių. A ir B suma žymima  $A \cup B$  arba  $A + B$ .

Bendrieji sudedamų aibių elementai įeina į sumą tik vieną kartą (pagal susitarimą, kad aibės elementai yra skirtingi). Pavyzdžiui,

$$\{1,2,3\} \cup \{1,3,4,7\} = \{1,2,3,4,7\};$$

„mergaitės“  $\cup$  „berniukai“ = „vaikai“.

Aibių sąjunga atitinka jas apibrėžiančių predikatų<sup>1</sup> disjunkciją („arba“, žymima „ $\vee$ “):

$$A + B = \{a \mid a \in A \vee a \in B\} \text{ arba}$$

$$a \in A \cup B \equiv a \in A \vee a \in B.$$

<sup>1</sup> Predikatas (logikoje) – sakiny su kintamaisiais, virtantis teiginiu kai įrašomos konkrečios kintamųjų reikšmės. Logines klases apibrėžia predikatai su vienu kintamuoju, nusakantys tam tikrą aibės elementų savybę, pavyzdžiui  $P(x) = \text{“}x \text{ yra studentas”}$ ,  $Q(x) = \text{“}x \text{ yra oranžinės spalvos stalo teniso kamuoliukas”}$ .



Toks formalus užrašymas predikatais yra patogus, kai aibės apibrėžtos tik nurodant jų elementų savybę. Pavyzdžiui, kai  $A = \{x | P(x)\}$  ir  $B = \{x | Q(x)\}$ ,  $A \cup B = \{x | P(x) \vee Q(x)\}$ .

Aibių sąjungos savybės.

1. Jeigu  $A \subset B$ , tai  $A \cup B = B$ .
2.  $A \cup B = B \cup A$  (komutatyvumas)
3.  $(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$  (asociatyvumas)
4.  $A \cup A = A$
5.  $A \cup \emptyset = A$
6.  $A \cup I = I$

Pirmosios trys savybės akivaizdžios; likusios trys yra pirmosios savybės išvados. Daugumą savybių galima išplėsti bet kokiam skaičiui aibių.

### Aibių sankirta

Aibių  $A$  ir  $B$  **sankirta** arba **sandauga** vadinama aibė, sudaryta iš visų elementų, priklausančių abiems iš duotųjų aibių.  $A$  ir  $B$  sankirta žymima  $A \cap B$  arba  $AB$ .

Pavyzdžiui:

$$\{1,2,3\} \cap \{1,3,5,7\} = \{1,3\};$$

$$\text{„moterys“} \cap \text{„vaikai“} = \text{„mergaitės“}; \text{„moterys“} \cap \text{„berniukai“} = \emptyset.$$

Aibių sankirta atitinka jas apibrėžiančių predikatų konjunkciją („ir“, žymima „&“):

$$A \cap B = \{a | a \in A \ \& \ a \in B\} \text{ arba}$$

$$a \in A \cap B \equiv a \in A \ \& \ a \in B$$

$$\text{Pavyzdžiui, kai } A = \{x | P(x)\} \text{ ir } B = \{x | Q(x)\}, A \cap B = \{x | P(x) \ \& \ Q(x)\}.$$

Aibių sankirtos savybės

1. Jeigu  $A \subset B$ , tai  $A \cap B = A$ .
2.  $A \cap B = B \cap A$  (komutatyvumas)
3.  $(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$  (asociatyvumas)
4.  $(A \cup B) \cap C = (A \cap C) \cup (B \cap C)$  (daugybės distributyvumas sudėties atžvilgiu)
5.  $A \cap A = A$
6.  $A \cap \emptyset = \emptyset$
7.  $A \cap I = A$

Kaip ir sąjungos atveju, daugumą savybių galima išplėsti bet kokiam skaičiui aibių.

### Aibių atimtis.

Aibių A ir B **skirtumu** vadinama aibė tų aibės A elementų, kurie nepriklauso aibei B. A ir B skirtumas žymimas  $A \setminus B$ .

Pavyzdžiui,

$$\{1,2,3,4,7\} \setminus \{1,2,3\} = \{4,7\};$$

„vaikai“ \ „vyrai“ = „mergaitės“;

„moterys“ \ „berniukai“ = „moterys“.

$$A \setminus B = \{a \mid (a \in A) \ \& \ (a \notin B)\} \text{ arba } a \in A \setminus B \equiv (a \in A) \ \& \ (a \notin B).$$

Aibių skirtumas apibrėžiamas predikatais panaudojant loginę neigimo („netiesa kad“, žymima  $\neg$ ) operaciją. Pavyzdžiui, kai  $A = \{x \mid P(x)\}$  ir  $B = \{x \mid Q(x)\}$ ,  $A \setminus B = \{x \mid P(x) \ \& \ \neg Q(x)\}$ .

Skirtumas  $I \setminus A$  vadinamas aibės A papildiniu ir žymimas  $A^*$ .

$$A^* = \{a \mid a \notin A\}$$

Aibių skirtumo savybės

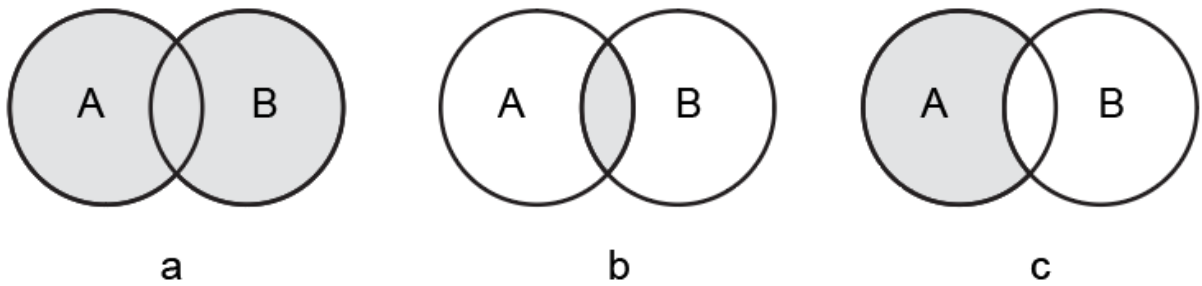
1.  $A \setminus B = A \cap B^*$
2. Jeigu  $A \subset B$ , tai  $A \setminus B = \emptyset$
3.  $A \setminus \emptyset = A$
4. Jeigu  $A \cap B = \emptyset$ , tai  $A \setminus B = A$
5.  $(A \setminus B) \cap C = (A \cap C) \setminus (B \cap C)$
6.  $(A \setminus B) \cup B = A \cup B$

Aibių papildinio savybės

1.  $A \cup A^* = I$
2.  $A \cup A^* = \emptyset$
3.  $I^* = \emptyset$
4.  $\emptyset^* = I$
5.  $A^{**} = A$

### Veno diagramos

Dažnai patogiau aibes vaizduoti grafiškai. Veno (John Venn, 1834–1923 – anglų matematikas) diagramomis vaizduojami aibių tarpusavio santykiai: sankirta, sąjunga ir skirtumas. Paveiksle žemiau Veno diagramose pilkai nuspalvintos figūros, reiškiančios aibių operacijų rezultatus.

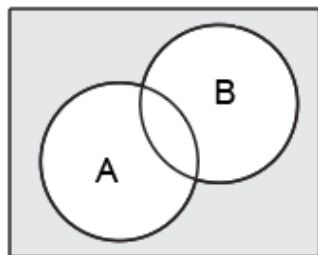


**6 pav.** Aibių sąjunga (a), sankirta (b) ir skirtumas (c)

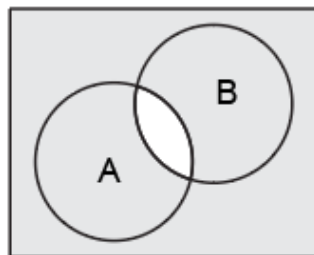
Remiantis Veno diagramomis, lengvai galima patikrinti dvi lygybes, vadinamas *de Morgano dėsniais* (jie visiškai analogiški logikos de Morgano dėsniams):

$$(A \cap B)^* = A^* \cup B^*$$

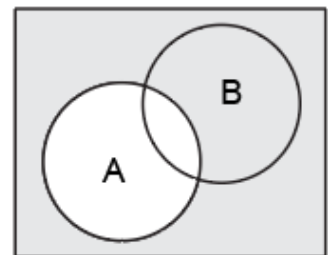
$$(A \cup B)^* = A^* \cap B^*$$



$$(A \cup B)^*$$



$$(A \cap B)^*$$





$$A^*$$

Logines klases patogiu įvardyti. Tuo tikslu naudojami *terminai*, kurie reiškia tas klases apibrėžiančias *sąvokas*. Galima apibrėžti sąvokų, kaip aibių, tarpusavio santykius, naudoti sąvokas kaip patogius apibendrinimus. Apie tai – kitame skyrelyje.

## 2.2 Sąvokos ir jų santykiai

Sąvokomis išreiškiame viską, ką suvokiame. Sąvokos mąstyme fiksuojamos ir įgauna apibrėžtumo *terminų* dėka, t.y., pasidalinti su kitais galime tik tomis sąvokomis, kurios gali būti išreikštos kalba.

Sąvoka išreiškia esminius, bendruosius objektų požymiu ir taip apibūdina tam tikros loginės klasės objektus. Sąvoka atlieka propozicinės funkcijos vaidmenį, todėl turi tikt kiekvienam ja apibūdinamos klasės objektui.

TERMINAS	<b>dovana</b>
APIBRĖŽIMAS	1. kaip dėmesio ženklas įteikiamas daiktas 2. įgimtas gabumas, talentas 3. nemokamas suteikiamas daiktas ar paslauga
SĄVOKA	
OBJEKTAS	

7 pav. Nuo objekto iki termino (arba atvirkščiai)

Sąvokos sudaromos *abstrahavimo* būdu

**Abstrahavimas** (lot. *abstrahere* – ištraukti) – atsiribojimas nuo neesminių savybių ir dominančių savybių išskyrimas.



**Tapatinimo abstrakcija** – tai toks abstrahavimo būdas, kai įvardijami vienodi objektų požymiai, atsiribojama nuo besiskiriančių. Pavyzdžiui, sąvoka „studentas“ remiasi vos keliomis būtinomis savybėmis – buvimu aukštosios mokyklos sąrašuose, mokslinio laipsnio siekimu.



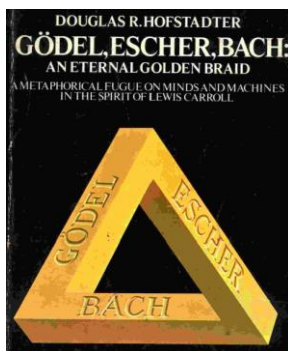
**Izoliavimo abstrakcija** – tai abstrahavimo būdas, kai savybė atsiejama nuo objekto. Taip sukuriamos sąvokos, įvardijančios savybes ar veiksmus, pavyzdžiui, „spalva“, „svoris“, „raudonumas“, „skaidrumas“, „mąstymas“.



**Idealizavimo abstrakcija** – tai abstrahavimo būdas, kai priskiriant abstrakčias savybes apibrėžiami konkrečioje erdvėje ar laike neegzistuojantys objektai (jie yra modeliai), pavyzdžiui, „tiesė“, „apskritimas“, „begalybė“, „malonumas“, „tiesa“. Kartais abstrakčiomis dar laikomos sąvokos tokių egzistuojančių objektų, kurių negalima aiškiai įsivaizduoti ir tiksliai apibrėžti, pavyzdžiui, „visata“, „žmonija“.

Abstraktūs dalykai materialiu pavidalu neegzistuoja. Bet jų, kaip klasių, nariai gali egzistuoti kaip individai įvairiose vietose ir įvairiu laiku. Tada sakoma, kad klasė turi daug *egzempliorių*, kurie dar vadinami abstrakčios klasės *realizacijomis* (angl. *instantiation, instance*). Pavyzdžiui, sąvoka „kaktusas“ yra abstrakcija, o konkretus kaktusas yra jos egzempliorius. Tačiau sąvoka „kaktusas“, lyginant su sąvoka „augalas“ yra konkretesnė, apima daugiau savybių, ją lengviau įsivaizduoti.

Modeliai dažnai atspindi klasių hierarchijas pereinant nuo abstraktesnių (bendresnių) prie konkretesnių sąvokų, kol įvardijamas visiškai konkretus individualus objektas. Sudarant semantinę modelį visiškai abstrakčių sąvokų reikia vengti dėl jų neapibrėžtumo ir daugiareikšmiškumo.



D. Hofštateris (Douglas Hofstadter) Pulicerio premija įvertintoje knygoje „Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid“ (1979) pateikia pavyzdį, kaip toks paprastas daiktas, kaip laikraščio egzempliorius, gali būti aprašytas bent šešiais pakankamai konkrečiais abstrahavimo lygmenimis. Lietuviškas pavyzdys būtų toks:

1. Publikacija.
2. Laikraštis.
3. *Lietuvos rytas*.
4. *Lietuvos rytas*, 2023 m. gegužės 16 d. laida.
5. Laikraščio *Lietuvos rytas*, 2023 m. gegužės 16 d. egzempliorius, kurį nusipirkau.
6. Mano turimas laikraščio *Lietuvos rytas*, 2023 m. gegužės 16 d. egzempliorius tuo momentu, kai jį nusipirkau, lyginant su tuo pačiu egzemplioriumi po kelių dienų, šiukšlių dėžėje.

Abstrahavimas yra modeliavimo pagrindas. Tik šio proceso dėka galima eliminuoti nesvarbias detales, paliekant esmines objektų savybes.



8 pav. Abstraktus modelis

Supažinsime su sąvokų tipais, kuriuos svarbu žinoti sudarant bet kokius koncepcinius modelius.



### Individualiosios, bendrosios ir kuopinės sąvokos

*Individualiosios sąvokos* nusako egzempliorius, t.y., vienetinius konkrečius objektus. Pavyzdžiui, „šitas knygos egzempliorius“, „aukščiausias Amerikos kalnas“, „Japonijos ambasadorius Lietuvoje“. Individualiosioms sąvokoms priskiriami ir tikriniai vardai.

Sąvokos, taikomos grupei (klasei) susijusių objektų arba reiškinių, vadinamos bendrosiomis, pavyzdžiui, „knyga“, „kalnas“, „ambasadorius“.

Sąvokos gali būti vartojamos kuopine prasme, pavyzdžiui, „miškai yra lankomi objektai“ – „miškas“ vartojama *bendraja* prasme, kaip vienas iš daugybės vientisų objektų. Tačiau „miškas“ gali būti suprantamas kaip medžių visuma – tada jis tampa *kuopine* sąvoka. Kuopinė sąvoka žymi visumą, susidedančią iš vientisų vienetų, pavyzdžiui, „žvaigždynas“, „grupė“. Tačiau, jei toji visuma yra suvokiama kaip tam tikros klasės atstovas, kuopinė sąvoka virsta bendrąja, pavyzdžiui, „mano biblioteka“ (knygų rinkinys, kuopinis) – „Lietuvos bibliotekos“ (bendrasis). Taigi, kuopinės sąvokos yra savita individualiųjų sąvokų forma.



### Neigiamosios sąvokos

Paprastai sąvokos naudojamos vienai ar kitai esamai kokybei žymėti, pavyzdžiui, „gražus“, „adekvatus“, „bendradarbiaujantis“, „studentas“. *Neigiamosios* sąvokos žymi tos kokybės nebuvimą ir sudaromos pridėdant neiginių, pavyzdžiui, „negražus“, „neadekvatus“, „nebendradarbiaujantis“, „ne studentas“. Nors kartais atrodo, kad tokia sąvoka gali nusakyti kažkokias savybes, iš tiesų ji neturi apibrėžto turinio. Pavyzdžiui, žinodami kad žmogus nėra studentas, nežinome, kuo jis užsiima, žodis „negražus“ gali reikšti išskirtiniu grožiu nepasizymintį arba itin bjauriai atrodantį objektą. Todėl taikydami loginius metodus neigiamųjų sąvokų stengiamės nenaudoti.



### Absoliučios ir santykinės sąvokos

Absoliuti sąvoka – tai tokia sąvoka, kuri žymi nepriklausomą objektą, neturintį santykio su jokių kitu, pavyzdžiui, „namas“. *Santykinė* sąvoka be žymimo objekto suponuoja dar ir kito objekto buvimą, pavyzdžiui, „tėvas“ (turi būti kažkas, kieno tai tėvas), „partneris“ (neturi prasmės be kito partnerio).

Kartais supainiojamos kuopinė ir bendroji sąvokos. Teiginys, teisingas kuopinei sąvokai, visai nebūtinai tinka jos apimamiems individualiems objektams ir atvirkščiai. Pavyzdžiui, *partija* (kuopinė sąvoka) apkaltinta korupcijos byloje, tačiau ne kiekvienas partijos narys yra apkaltintas ar net su tuo susijęs; *komisija* priima sprendimą, tačiau kiekvienas komisijos narys nėra smeniškai už jį atsakingas.

Tuo tarpu teiginys, teisingas *bendrajai* sąvokai, būtinai bus teisingas ir jos apimamiems objektams. Pavyzdžiui, *parlamentas* (šiam kontekste tai bendroji sąvoka, neįvardijanti parlamento narių aibės) yra įstatymus leidžianti institucija“ ir kiekvienas konkretus parlamentas, taip pat Lietuvos Seimas, yra įstatymus leidžianti institucija.

### Sąvokų savybės, turinys ir apimtis

Kiekviena sąvoka, kuria įvardijamas objektas, gali turėti savybių aibę, kuriomis ji skiriasi nuo kitų sąvokų. Savybės gali būti *esminės*, būtinai siejamos su sąvoka, pavyzdžiui, varnos savybė dėti kiaušinius, nes ji yra paukštis, arba *atsitiktinės*.

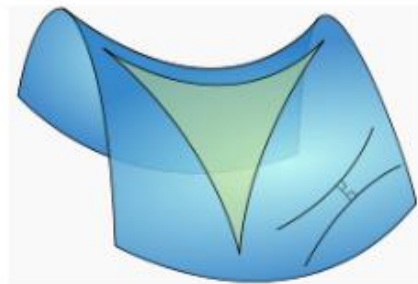
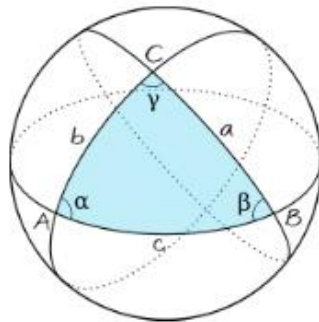


Varna (Mariaus Čepulio nuotrauka, 2023).

Paprastai varnos būna pilkai juodos, tačiau nežinome, kodėl taip yra. Spalva nelaikoma varnos esmine savybe. Netipiškas egzempliorius gali būti kitos spalvos. Šis pavyzdys iliustruoja ir tai, kokios neinformatyvios yra neigiamosios sąvokos – pasakius, kad varna nuotraukoje yra *ne juoda* (ir *ne balta*), neįsivaizduotume nieko arba bet ką.

Vienos savybės gali būti išvedamos iš kitų (paprastai esminių) savybių. Pavyzdžiui, žmogaus amžius gali būti apskaičiuotas iš jo gimimo datos, tai, kad trikampio kampų suma lygi (arba nelygi)  $180^\circ$ , priklauso nuo kitų trikampio savybių.

Jei trikampis egzistuoja ne Euklido erdvėje, jo kampų suma gali būti gali būti kitokia, pavyzdžiui, sferinio trikampio kampų suma visada bus didesnė už  $180^\circ$  ir priklausys nuo sferos spindulio. Hiperbolinio trikampio išgaubtoje erdvėje kampų suma bus mažesnė už  $180^\circ$ . Tuo tarpu trys kampai yra neatsiejamas, esminis trikampio požymis.



Savybės gali būti *neatskiriamos* (pavyzdžiui, gimimo vieta ir laikas) ir *atskiriamos* (t.y., tokios, kurios vienu metu gali būti, o kitu – nebūti, pavyzdžiui, „Trampas yra Amerikos prezidentas“).

Kaip jau matėme, ne visos savybės yra vienodai reikšmingos. Labai svarbūs yra požymiai, kurie leidžia nustatyti sąvokos *santykį* su kitomis sąvokomis.



Jei sakysime, kad geografija yra mokslas, tai *mokslas* yra gimininis sąvokos *geografija* požymis, klasifikuojanti savybė. Būtent šia savybe geografija skiriasi nuo visų dalykų, kurie nėra mokslas ir kartu pagal šią savybę yra tokia pati kaip visi kiti mokslai.

**Gimininis požymis** (sinonimai – tipas, superklasė, giminė) – tai sąvoka klasės, kuria apibendrinama nagrinėjama sąvoka.

Jei sakysime, kad geografija yra mokslas, *tiriantis teritorinį objektų pasiskirstymą*, tai pažymėsime, kuo šis mokslas skiriasi nuo kitų mokslų. Tokia savybė vadinama *rūšiniu skirtumu*.

**Rūšinis skirtumas** (specifika) – tai žymė, padedanti atskirti sąvoką nuo kitų tos pačios giminės sąvokų.

Jei prie gimininio požymio prijungsime rūšinį skirtumą, gausime rūšį. Pavyzdžiui, „pastatas *ginklams saugoti*“ – arsenalas; „pastatas *grūdams laikyti*“ – svirnas. Taip sudaromi apibrėžimai.

**Sąvokos turinys** – sąvokos savybių visuma.

**Sąvokos apimtis** – aibė poklasių, kuriems ta sąvoka gali būti taikoma.

Sąvokos turinys gali kisti priklausomai nuo požiūrio, žinių ir pan., pavyzdžiui, sąvokos „cukrus“ arba „alkoholis“ konditerio, chemiko, mediko požiūriu suvokiamos skirtingai, svarbios yra skirtingos jų savybės.

Sąvokos apimtis yra vienareikšmis dalykas, tačiau jos įvardijimas taip pat priklauso nuo pasirinkto klasifikavimo kriterijaus, t.y., vienos iš pasirinktų savybių. Sąvokos „alkoholis“ apimtis chemiko požiūriu – metilo, etilo, propilo ir kt. junginiai, turintys –OH grupę. Sąvokos „keturkampis“ apimtis – kvadratas, stačiakampis, rombas, trapecija ir kt.

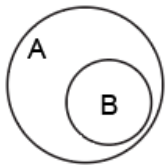
Platesnės apimties sąvoka vadinama į jos apimtį įeinančios sąvokos *gimine*, *klase* (*superklase*) ar *tipu*. Įeinanti sąvoka vadinama *rūšimi*, *poklasiu*, *potipiu*. Bet kuri rūšis gali virsti gimine ir atvirkščiai, pavyzdžiui, *palmė* yra medžio rūšis, bet *kokoso palmės* atžvilgiu – tai giminė. Tik sąvokos realizacija yra individas – sąvoka, kurios apimtyje jau nebegali būti rūšių.

Norėdami sudaryti siauresnę pagal apimtį sąvoką iš platesnės apimties sąvokos, turime pridėti papildomų savybių prie giminės sąvokos, pavyzdžiui, iš sąvokos „elementas“ sąvoka „metalas“ gaunama papildomai nurodžius valentinių elektronų skaičių. Atvirkštinis procesas (savybių mažinimas, paliekant tik jungiamiems poklasiams bendras savybes) vadinamas *apibendrinimu*. Apibendrinant pereinama nuo siauresnės apimties sąvokos prie platesnės, t.y., nuo klasės prie superklasės.

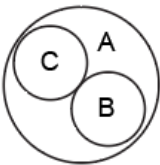
Didėjant sąvokos turiniui, mažėja jos apimtis ir atvirkščiai. Pavyzdžiui, „paukštis“ ir „varna“: – pirmosios sąvokos platesnė apimtis (visos varnos, ir ne tik jos, yra paukščiai), o antrosios – turinys (visos bet kuriam paukščiui būdingos savybės ir papildomai varnoms specifinės: gebėjimas naudoti įrankius, polinkis vogti blizgančius daiktus ir kt.).

Susiaurinimas ir apibendrinimas yra loginis bet kokio *klasifikavimo* pagrindas.

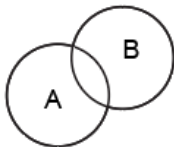
Pagal sąvokų turinį ir apimtį apibrėžiami sąvokų santykiai, panašūs į aibių santykius, kuriuos apibrėžia aibių operacijos.



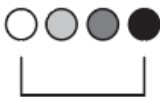
**Sąvokų subordinacija.** Subordinuotoji sąvoka įeina į kitą kaip jos apimties dalis, pavyzdžiui, sąvoka „beržas“ yra subordinuota sąvokos „medis“ atžvilgiu. Šis sąvokų santykis atitinka aibės ir jos poaibio santykį.



**Sąvokų koordinacija.** Jei į bendresnės sąvokos apimtį įeina dvi ar daugiau jai subordinuotų siauresnių sąvokų, tokios sąvokos vadinamos *koordinuotomis*, pavyzdžiui, „ežeras“ ir „tvenkinys“ yra sąvokos, koordinuotos „vandens telkinio“ sąvokos kontekste.



**Susikertančios ir lygiareikšmės sąvokos.** Tai sąvokos, kurių turinys gali būti skirtingas, bet apimtis iš dalies sutampa, pavyzdžiui, „geografai“ ir „dėstytojai“. Sankirtoje esančios apimčių dalys yra lygiareikšmės (*geografijos* dėstytojas ir geografai *dėstytojas*). Aišku, kad lygiareikšmės sąvokos yra tarpusavyje koordinuotos.



**Priešingos sąvokos.** Jei sąvokos apimtyje rūšis sutvarkysime pagal kokio nors savybės intensyvumą, gausime seką, kurios pirmas ir paskutinis narys bus priešingos sąvokos. Pavyzdžiui, juodai baltoje skalėje spalvas suskirstę pagal intensyvumą nuo 0 iki maksimalaus, gausime priešingas juodą ir baltą spalvas.

Ne visoms sąvokoms galima lengvai rasti priešingas. Paprastai šis santykis sukuriamas konkrečiame kontekste. Žemėlapių reljefo aukščių skalėse priešingos spalvos dažnai būna žalia ir ruda.



Priešingų sąvokų santykis yra kitoks, negu *prieštaraujančių*, kai viena sąvoka sukonstruojama paneigiant kitą, pavyzdžiui, “žalias” – “ne žalias” (neigiamoji sąvoka). Ar sąvokos gali vienu metu būti priešingos ir prieštaraujančios? Taip, jei pagal vieną požymį sutvarkytoje rūšių sekoje yra tik jos dvi, pavyzdžiui, “permatomas” ir “nepoermatomas”.

## 2.3 Klasifikavimas

Klasifikavimas yra vienas žinomiausių būdų sutvarkyti duomenis ir paversti juos prasminga informacija. Jo tikslas – sisteminti informaciją, padėti orientuotis objektų ir sąvokų įvairovėje, geriau suprasti ir įsiminti faktus. Klasifikavimas pagrįstas objektų panašumų ir skirtumų atpažinimu.

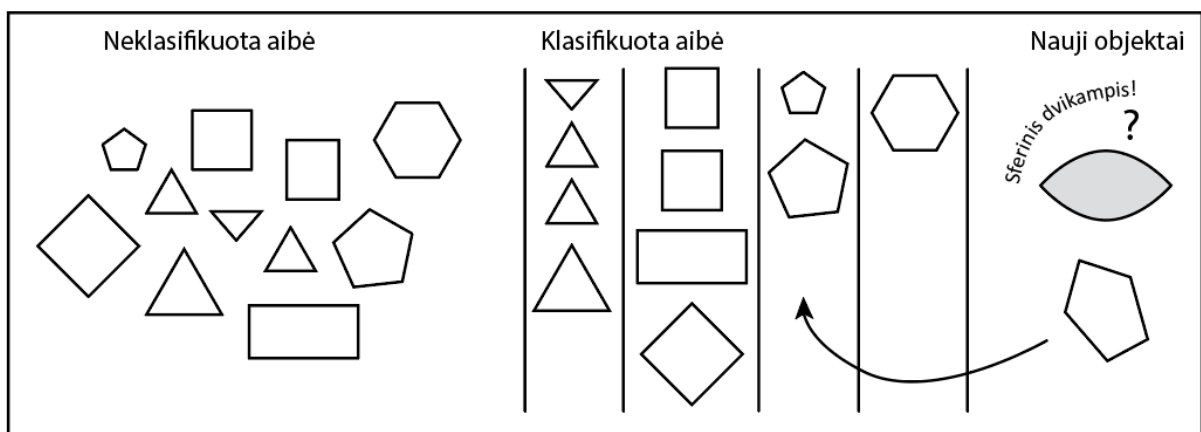
**Klasifikavimas** (lot. *classis* „grupė, skyrius“ + *facio* „darau“) – procesas, kurio metu pagal žinomus požymius panašūs objektai sugrupuojami ir atskiriami nuo mažiau į juos panašių objektų, taip sudarant aibes – logines klases, kurių vieta viena kitos atžvilgiu aiškiai apibrėžta.

Klasifikavimas nurodo visas rūšis, įeinančias į sąvokos apimtį. Nuo jo taisyklingumo labai priklauso informacijos vertė. Tai yra ir modeliavimo metodas, nes abstrakčios klasės gali būti nagrinėjamos kaip apibendrinimai, o klasių hierarchija atspindi sistemos struktūrą.

Gimininės sąvokos (klasės) apimtyje išskirdami rūšis (poklasius), kreipiame dėmesį į savybes, kuriuos turi vienos rūšys ir neturi kitos. Savybė, pagal kurią atskiriama loginė klasė, vadinama *skirstymo pagrindu*. Skirstymo pagrindas gali būti ir kiekybinis, ir kokybinis. Svarbu, kad būtų bent vienas gimininis (jungiantis) ir rūšinis (skiriantis) požymiai, kurie yra praktiškai reikšmingi.

Klasifikavimas neretai būna sudėtingas uždavinys. Jei turima objektų aibė baigtinė ir gerai pažįstama, pasirinkti skirstymo pagrindą yra lengviau. Tačiau gali būti ne vienas skirstymo pagrindas ir iš anksto nežinomi įvairių savybių deriniai.

Pavyzdžiui, turimą daugiakampių figūrų rinkinį galime suskirstyti pagal jų kampų skaičių: trikampiai, keturkampiai, penkiakampiai ir t.t. (9 pav.). Tada kiekvienos klasės daugiakampius galima toliau skirstyti pagal kitus pagrindus – figūros dydį, orientaciją erdvėje ir kitas savybes, kurios yra mums svarbios. Tai gali būti atliekama paprastai dėliojant figūras į grupes, t.y., pradėdant nuo individualių objektų ar mažų grupių.



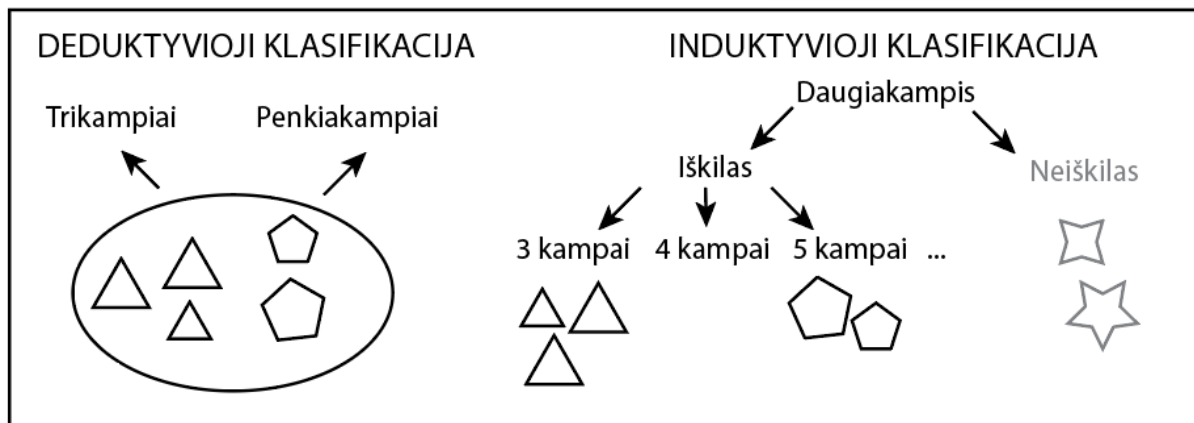
9 pav. Klasifikavimas

**Deduktyvioji klasifikacija** – žinomos aibės skirstymas pagal žinomus požymius.

Šiek tiek sunkiau, kai turima aibė nėra baigtinė ir iš anksto nežinome, kiek dar gali būti jos elementai. Gautą naują daugiakampį lengva priskirti turimai klasei arba išplėsti klasifikaciją pridėdant didesnio ar mažesnio kampų skaičiaus klases. Bet jei atsirado figūra, kuri, nors ir turi du kampus, bet yra kitokia pagal dar nematytą požymį (turi kreivas linijas), turima klasifikacija pradeda kelti abejonių.

Moksle nuolat susiduriame su panašiomis situacijomis, kai atrasti ar sukurti nauji objektai reikalauja peržiūrėti naudojamas klasifikacijas, sukurti naujus lygmenis, o kartais iš naujo apibrėžti klases, bandant iš turimos aibės nuspėti, kokie savybių deriniai yra teoriškai įmanomi. Tais atvejais terminą „skirstymo pagrindas“ galime pakeisti „jungimo pagrindas“, nes klasifikuojama ne skirtžstant visumą, o jungiant į grupes jau žinomus objektus.

**Induktyvioji klasifikacija** – teorinis visos galimos, bet iki galo nepažintos aibės skirstymas apibrėžiant skirstymo pagrindą (dažniausiai naudojant indukcijos metodą).



**10 pav.** Deduktyviai ir induktyviai apibrėžtos klasės

Induktyvusis klasifikavimas yra kur kas didesnis iššūkis, nes apibendrinant reikia ir teorinių įžvalgų, be to, didesnė rizika apibrėžti klases netinkamai. Tačiau ji atveria kur kas daugiau galimybių, gali būti lengviau plečiama.

Abiem atvejais gera klasifikacija leidžia formuluoti maksimumą teiginių apie klasifikuojamą aibę ir taip ją geriau pažinti.



### Taisyklingo klasifikavimo taisyklės

1. **Klasifikavimas turi būti išsamus ir suderintas.** Kiekvienos klasės poklasių suma turi būti lygi visumai, nei didesnė, nei mažesnė. Tai reiškia, kad apie bet kurį individą iš klasifikuotos aibės galima priskirti kuriam nors konkrečiam poklasiui bet kuriame lygmenyje, o kiekvienas poklasiui priskirtas elementas yra ir jo superklasės elementas.
2. **Poklasiai neturi turėti bendrų elementų**, t. y., skirstoma vienareikšmiškai, individas vienu metu gali priklausyti vienintelei klasei.<sup>2</sup> Pavyzdžiui, knygos pagal savybes negali būti skirstomos į naudingas, suprantamas ir įdomias, nes šios aibės susikerta, knyga gali tuo pačiu metu būti ir naudinga, ir įdomi.
3. **Skirstymo pagrindas viename klasifikaciniame lygmenyje turi būti tas pats.** Pavyzdžiui, gyventojai negali būti skirstomi į krikščionis, musulmonus ir indus – turi būti skirstoma iš pradžių pagal religiją, po to pagal tautybę arba atvirkščiai.
4. **Klasifikavimas turi būti nuoseklus**, t.y., pereinama į artimiausią žemesnę giminę nedarant „šuolių“. Pavyzdžiui, gamtos skirstymą į gyvūnus, augalus ir uolienas reiktų keisti dviejų lygmenų skirstymu – organinis pasaulis ir neorganinis pasaulis, kurie skirstomi toliau.



**Dichotomija** (gr. Διχοτομία: δίχα „į du, atskirai“; τομή „pjūvis“) – vienas iš klasifikavimo metodų, taikomas, kai aibė pažįstama dalimis.

Dichotomiškai aibė suskirstoma į žinomą ir nežinomą dalis laikantis principo:

- išsamumo: objektas būtinai priklauso kuriai nors vienai klasei, ir
- atskyrimo: nė vienas objektas nepriklauso abiem klasėms.

Šiuo metodu gauta klasifikacija yra išsami kiekviename etape, todėl jis tinka taisyklingai suskirstyti ne iki galo pažintai aibei.

Dichotominio skirstymo pavyzdžiai:

Žmogus	Lietuvis		
	Ne lietuvis	Lenkas	
		Ne lenkas	Vokietis
			Ne vokietis
			Ir t.t.

<sup>2</sup> Šios taisyklės gali būti nesilaikoma taip vadinamose neraiškiosiose klasifikacijose, kurias aprašytos žemiau.

Žemės danga	Miškas		
	Kita	Pieva	
		Kita	Ariama žemė
			Kita
			Ir t.t.

Tai labai natūralus klasifikavimo būdas. Jo pririekia, kai mums įprastoje aplinkoje atsiranda kažkas, kas neatitinka įsivaizdavimo apie žinomus objektus. Tai gali būti nesuprantama kalba kalbantis, keistai apsirengęs ar besielgiantis žmogus, nematytas gyvūnas arba žemės danga, apie kurią anksčiau nebuvo pagalvota, pavyzdžiui nenatūrali žemės danga. Iš pradžių apie keistuosius objektus galime pasakyti tik tiek, kad jie pagal svarbius požymius yra „kitokie“, negu mums žinomi. Kai sužinome daugiau, galime tuos objektus apibūdinti, suteikti jų klasei turinio, o tada išvelgti vidinius skirtumus. Taip, pavyzdžiui, nesuprantama kalba kalbančių „kitų“ žmonių klasėje identifikuojame dar ir latvius ir ukrainiečius, o dalį „kitos“ žemės dangos priskiriame dirbtinės žemės dangos klasei su apibrėžtu turiniu ir apimtimi.

Atkreipkite dėmesį į klasę „Kita“ dichotominiame skirstyme. Klasė „Kita“ neturi jokio apibrėžto turinio, ji apima viską, kas nepatenka į jau įvardytas klases. Aibių algebros terminais tai yra klasifikuotos aibės papildinys, logikos terminais – apibrėžiama panaudojant neiginį. Todėl žemėlapių legendose šios kategorijos reikšmės vaizduojamos kitaip, negu apibrėžto turinio klasių reikšmės – pilka spalva, štrichu ar pan.

Žemės danga



miškas



pieva



ariama žemė



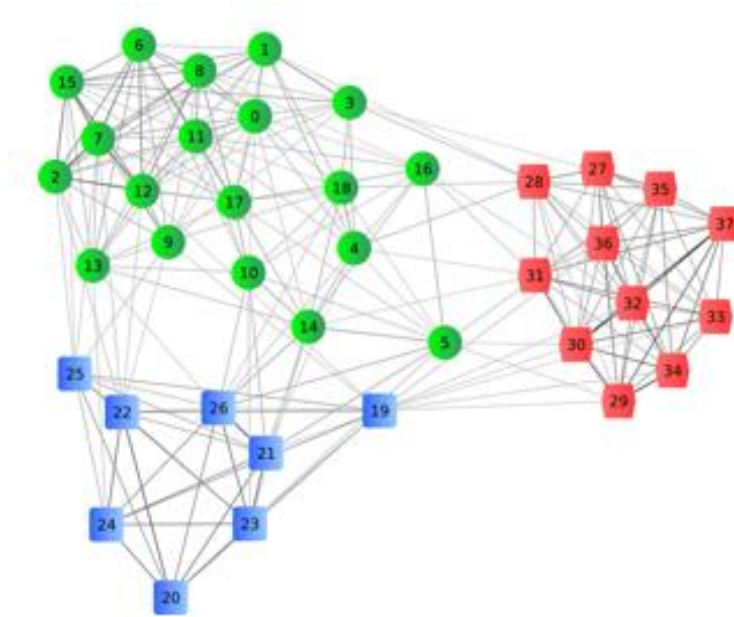
šlapynė



kita



**Statistinė klasifikacija** – tai automatizuotas objekto priskyrimas vienai iš apibrėžtų klasių remiantis aibe objektų, kurių klasės žinomos. Klasterizavimas – objektų grupavimas tokiu būdu, kad vienos grupės (klasterio, angl. cluster) objektai yra panašesni tarpusavyje, negu į kitos grupės objektai. Tai tiriamosios duomenų analizės metodas. Atlikto klasterizavimo kokybę vertinama pagal statistinius objektų panašumo rodiklius.



**11 pav.** Klasterizavimas

### Natūralioji ir dirbtinė klasifikacija.

Jei objektus į klases jungiame pagal esminius požymius, kurie susiję su dauguma objekto savybių, išreiškia jo prigimtį – tai *natūralioji klasifikacija*. Natūraliosios klasifikacijos pavyzdžiai – periodinė cheminių elementų sistema, elementariųjų dalelių klasifikacija, organizmų rūšių klasifikacija, augalų sistematika.

**Taksonomija** (gr. *ταξινομία*) – natūralioji klasifikacija (paprastai gyvybės), kurioje visi objektai išdėstomi į medžio struktūrą. Medžio viršūnę paprastai sudaro vienintelis klasifikacijos elementas, kuriam priklauso visi kiti šios klasifikacijos objektai (taksonai). Taksonas, esantis žemiau už viršūnę, yra labiau specifinis ir išskiria klasifikuojamų objektų aibę pagal daugiau požymių. Sąvoka pradėta naudoti biologijoje ~1813 m. (botaninė klasifikacija).

*Dirbtinė klasifikacija* sudaroma pagal neesminius objektų požymius, dažnai dirbtinai sukonstruotus, kad pagal juos būtų lengva rasti norimus tarp kitų objektų (pvz., abėcėlinis ar bibliotekos katalogas).

Nomenklatūra – konkrečios srities klasių ir poklasių *pavadinimų* rinkinys, leidžiantis operuoti dideliu objektų skaičiumi. Žinomos botanikos, chemijos, mineralogijos ir kitos nomenklatūros. Pavyzdžiui botanikoje naudojama Linėjaus klasifikacija ir pagal jos nomenklatūrą objektas turi du pavadinimus, pavyzdžiui, *Betula nana* (beržas keružis) – atitinkamai giminės ir rūšies pavadinimas.



*Enciklopedinė klasifikacija* siekia apimti visą pažinimą. *Specialioji klasifikacija* apima vieną siaurą sritį, kurioje ji turi būti išsami, pavyzdžiui lygų klasifikacija. .

**Klasifikatorius** – sutartinis rinkinys reikšmių, kurios nusako objekto priklausymą konkrečiai klasei žinomoje klasifikacijoje.

UDK – [universalioji dešimtainė klasifikacija](#) (angl. *Universal Decimal Classification, UDC*) – enciklopedinės klasifikacijos pavyzdys. Tai tarptautinė visas žinių sritis apėmianti bibliografinė klasifikacija. UDK klasifikatorius turi apie 470 tūkst. klasių ir atitinka tarptautinį bibliografinių duomenų mainų standarto (ISO 2709) formatą. Kadangi UDK naudojamas skirtingomis kalbomis, greta klasių pavadinimų naudojami universalūs skaitiniai kodai, pavyzdžiui:

(...)

004.422 Kompiuterinių programų sudėtinės dalys

004.422.3 Kintamieji

004.422.32 Kintamųjų rūšys

004.422.324 Statinis ir dinaminis kintamasis

TLK – tarptautinė ligų klasifikacija – tai 1992 metais pradėta naudoti Pasaulinės sveikatos organizacijos kodų sistema, specialioji klasifikacija, apimanti ligas ir susijusias medicininės būklės. Klasifikatoriaus reikšmės taip pat turi skaitinius kodus, pavyzdžiui:

H60 Išorinės ausies uždegimas (išorinis otitas)

H60.0 Išorinės ausies abscesas

H60.1 Išorinės ausies puriojo ląstelyno uždegimas (celiulitas)

Klasifikacijos teorinius ir praktinius principus, metodus ir taisykles tiria disciplina, vadinama taksonomija (nepainioti su sinonimu, reiškiančiu biologinę taksonomiją). Taksonomijos mokslo tikslas – kurti klasifikacijas, kurios būtų informatyvios, neprieštaringos, adekvačios natūralioms sistemoms

### **Neraiškiosios klasifikacijos**

Paprasta ir patogu, kai skirstymas yra vienareikšmis, t.y., objektas vienu metu priklauso vienai ir tik vienai to paties lygmens klasei. To ir reikalauja antroji taisyklingo klasifikavimo taisyklė. Tačiau gyvenime pasitaiko sudėtingų objektų ir reiškinių, kurie negali būti apibūdinti vienareikšmiškai. Ypač daug jų geografijoje.

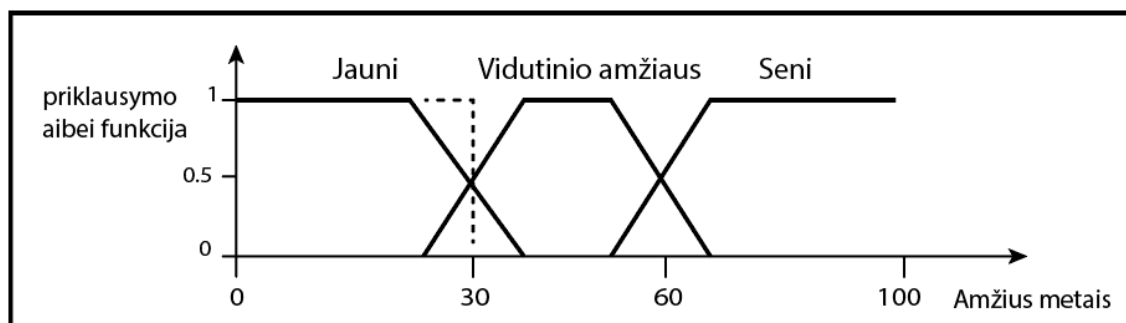
Pavyzdžiui, nustatydami žemės dangą iš ortofotografinio žemėlapiu (12 pav. **Vienareikšmiškai pagal žemės dangos tipą neklasifikuojama teritorija.** skaidome

teritoriją į sąlyginius vienetus, kurie negali būti labai maži. Jei tokioje teritorijoje matome vien tik medžius arba lauką, priskirti atitinkamai klasei lengva. Bet jei ten yra įvairių žemės dangų, susiduriame su problema. Jei kuri nors identifikuojama žemės danga, pavyzdžiui, miškas, užima aiškiai didesnę dalį, galime apsimesti, kad likusi dalis yra nereikšminga, bet puikiai suprantame, kad priskirdami teritoriją miškui šiek tiek klystame (ir net galime skaičiais įvertinti klaidos mastą). Dar blogiau, kai kelios dangos užima panašų plotą ir jis vienodai gerai tinka ir miško, ir lauko klasei. Paprasčiausias sprendimas būtų įvesti klasę „mišri danga“, tačiau į ją patektų teritorijos su labai skirtingu įvairių žemės dangų santykiu.



**12 pav.** Vienareikšmiškai pagal žemės dangos tipą neklasifikuojama teritorija.

Jei norima tinkamai priskirti objektą daugiau negu vienai klasei, įvedama priklausomybės klasei su tam tikra tikimybe ar laipsniu sąvoka (angl.: *fuzzy dependence*). Objekto priklausymas klasei gali būti nusakomas vieno ar kelių kintamųjų propozicine funkcija, kuri įgyja reikšmes iš intervalo  $[0;1]$ . Nulis reiškia, kad objektas tikrai nepriklauso klasei, o vienetas – tai, kad jis priklauso visiškai be jokių išlygų. Tarpinės reikšmės atitinka tikimybę, kad objektas priklauso klasei arba klasės požymio svorį tam objektui. Taip objektai grupuojami į *neraiškias aibes*, kurios tarpusavyje gali persidengti (netaikoma antroji taisyklingo klasifikavimo taisyklė)



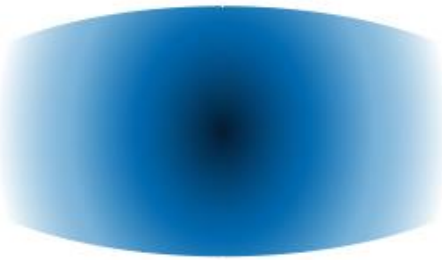
**13 pav.** Neraiškiosios aibės – žmonių amžiaus grupės

Nėra ir negali būti vienareikšmio apibrėžimo, kas yra jaunas, vidutinio amžiaus ar senas žmogus. Iliustracijoje (13 pav.) parodytos atitinkamos neraiškiosios aibės. Neraiškiosiose aibėse trisdešimtmečiams priklausymo funkcijos reikšmė jaunų ir vidutinio amžiaus žmonių grupėms yra tokia pati – 0.5.

Trisdešimties ir šešiasdešimties metų slenksčiai gali apibrėžti ir vienareikšmes aibes. Galimą griežtą klasikinės klasifikacijos atskyrimą rodo punktyrinė linija – ji skiria iki 30 metų

amžiaus „jaunus“ žmones nuo 30 metų sulaukusių, kurie jau būtų priskiriami vidutinio amžiaus grupei. Aišku, kad šiuo atveju neraiškioji klasifikacija, nors ir gali būti kritikuojama, kur kas geriau atspindi žmogiškąjį amžiaus suvokimą negu vienareikšmė klasifikacija.

Neraiškiosios aibės (angl. *fuzzy set*) sąvoką 1965 m. įvedė Lotfi A. Zadeh – Azerbaidžane gimęs iranietis kilmės JAV matematikas. Jis taip pat pasiūlė naujas logikos algebros operacijas ir parodė, kad neraiškioji (daugiareikšmė) logika yra klasikinės logikos apibendrinimas. Be to, Zadeh pasiūlė neraiškiųjų skaičių sąvoką ir aritmetinių operacijų su šiais skaičiais aibę. Neraiškioji logika labai svarbi dirbtinio intelekto sistemose.



Klasifikavimas naudojamas sudarant tipologijas, atliekant kokybinę lyginamąją analizę. Pavyzdžiui, valstybės išsivystymo rodiklius galima dichotomiškai priskirti vienai iš klasių: „aukštas“ (1) ir „žemas“ (0) ir palyginti valstybes pagal skirtingus rodiklių derinius (1 lentelė). Kiekvienas skirtingas derinys apibūdina tam tikrą tipą.

**1 lentelė.** Tarpukario Europos valstybių klasifikacija lyginamajai analizei

<b>BVP</b>	<b>Urbanizacija</b>	<b>Gyventojų raštingumas</b>	<b>Politinis stabilumas</b>	<b>Demokratija</b>	<b>Atvejai</b>
1	1	1	1	1	Belgija
1	1	1	0	0	Vokietija
1	0	1	1	1	Švedija
1	0	1	0	0	Austrija
0	0	1	1	0	Estija
0	0	1	0	0	Vengrija
0	0	0	0	0	Ispanija

## 2.4 Apibrėžimas ir operacionalizavimas

Kalboje žodžiai gali turėti daug skirtingų nuo konteksto priklausančių prasmių, taip pat yra vienodai skambančių bet skirtingas reikšmes turinčių žodžių. Tačiau atliekant tyrimą, kuriant sistemą ar vykdant bet kokią kitą bendrą veiklą labai svarbu naudojamas sąvokas suprasti vienodai. Jei modelyje esantis terminas ar žymėjimas gali būti suprastas nevienareikšmiškai, anksčiau ar vėliau tai atsitiks.

Skirtingai traktuojamos sąvokos ir sąlygos yra daugumos ginčų pagrindas. Moksle tokia neatitiktis gali būti netinkamai atlikto tyrimo priežastis. Todėl, jei yra tikimybė, kad interpretuojant sąvokas galima apsirikti, jos turi būti įtrauktos į modelio (tyrimo, projekto) pagrindinių *terminų žodyną* ir paaiškintos taip, kaip jos vartojamos konkrečiame kontekste.

**Apibrėžimas** (lot. *definitio*) – loginis veiksmas, kuriuo nustatoma kriterijai sąvokai atskirti nuo kitų sąvokų, nurodant ir paaiškinant esminį sąvokos turinį.

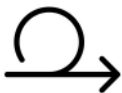
Klasikinis konotatyvinis, arba *intensyvus* apibrėžimas konstruojamas nurodant gimininio požymio ir rūšinio skirtumo (lot. *genus–differentia*) savybes. Nurodžius apibrėžiamo objekto artimiausią gimininę sąvoką, nebereikia vardyti tai giminei būdingų savybių, kurių gali būti labai daug. Rūšinis skirtumas nusako, kuo apibrėžiamoji sąvoka skiriasi nuo tos pačios giminės apimtyje koordinuotų sąvokų.

Pavyzdžiui, *stačiakampis* apibrėžiamas kaip *lygiagretainis* (giminė), kurio *visi kampai yra statūs* (rūšinis skirtumas). Taip lygiagretainių klasėje stačiakampis atskiriamas nuo kitų lygiagretainio savybes turinčių figūrų. Atitinkamai, jei apibrėžimas dar nepakankamai informatyvus, galime rasti lygiagretainio apibrėžimą – tai *dvimatė geometrinė figūra* (giminė), *apibrėžta keturių poromis lygiagrečių tiesių* (rūšinis skirtumas).

Konotatyvinis apibrėžimas atskleidžia sąvokos esmę, tačiau ne visada įmanoma jį lengvai sudaryti. Yra ir kitų apibrėžimo rūšių.



Ekstensyvus (denotatyvinis) apibrėžimas nurodo visus sąvoka įvardijamus objektus, pavyzdžiui, septynios didžiosios nuodėmės yra *puikybė, godumas, pavydas, pyktis, gašlumas, rajumas ir tingumas*. Žinoma, toks apibrėžimas tinka tik tada, kai įvardijamų objektų skaičius nedidelis.



Rekursyvus apibrėžimas tinka begalinėms aibėms apibrėžti. Pavyzdžiui, rekursyviai apibrėžiami natūriniai skaičiai:

1. „0“ yra natūrinis skaičius
2. Kiekvienas natūrinis skaičius turi sekmenį, tokį, kad:
  - a. Sekmuo yra natūrinis;
  - b. Skirtingi natūriniai skaičiai turi skirtingus sekmenis
  - c. Jokio natūrinio skaičiaus sekmuo nėra „0“.
3. Niekas kitas nėra natūrinis skaičius



Operacinis apibrėžimas nurodo veiksmus, kuriais gali būti patikrinta, ar objekto savybės atitinka nurodomos klasės predikatus. Jis dažnai naudojamas moksle. Operacinį apibrėžimą sudaro trys dalys.

1. Patikros operacija
2. Operacijos rezultatas
3. Apibrėžiamoji sąvoka

Pavyzdžiui, tirpalas yra rūgštinis tada, *kai į jį įmerktas lakmuso popierėlis nusidažo raudonai*. Ne visada galima sukonstruoti operacinį apibrėžimą. Kartais operacijos rezultatas priklauso nuo jos vykdymo sąlygų, paklaidų ir kt.



Genetinis apibrėžimas nurodo kilmę, atsiradimo būdą, pagaminimo instrukciją. Pavyzdžiui, *krituliai yra skysto ar kieto pavidalo vanduo, krentantis iš debesų*.

Kalbant apie dar neegzistuojantį, numanomą objektą, jo kilmę galima nurodyti deskriptyviai. Išlygą „jei toks objektas egzistuoja“ ( $\epsilon$  operatorių) įvedė vokiečių matematikas D. Hilbertas.



Nominalus apibrėžimas – tai apibrėžimas, apimantis ne tik apibrėžiamojo objekto savybes, bet ir kalbinę išraišką.

Pavyzdžiui:

- „Terminu „sąveikumas“ vadinama informacinių sistemų savybė, kurios dėka jos gali automatizuotai keistis informacija“.
- „Santrumpa „APVAGIS“ reiškia aplinkos projektų valdymo agentūros geografinės informacijos sistemą.“
- „Ženklas # žymi šešioliktainės sistemos skaičių“.



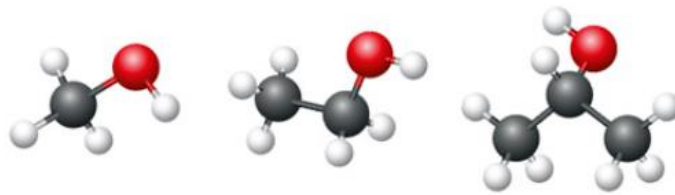
### Taisyklingo apibrėžimo taisyklės

Nors apibrėžimą galima sudaryti įvairiais būdais, yra kelios taisyklės, kurių turi būti laikomasi visais atvejais.

1. **Apibrėžimas turi būti išsamus ir suderintas.** Tai reiškia, kad apibrėžiamos ir apibrėžiančia dalimi išreikštos sąvokos apimtis turi būti ta pati.

Pavyzdžiui, apibrėžimas „cukrus yra maisto produktas“ yra per platus, nes apibrėžiančios sąvokos apimtis per didelė (yra daug kitų maisto produktų). Apibrėžimas „cukrus yra maisto produktas“ yra per platus, nes yra daug kitų maisto produktų. Apibrėžimas „alkoholis yra  $C_2H_5OH$ “ yra per siauras, nes alkoholis yra bendras pavadinimas cheminių junginių klasės, kuriai priklauso ir etilo alkoholis  $C_2H_5OH$ , ir kiti junginiai.

Apibrėžime „lietuvis yra Lietuvos pilietis“ sąvokų apimtys nesuderintos abiem kryptimis: gali būti lietuvių, neturinčių Lietuvos pilietybės (apibrėžimas per siauras), taip pat gali būti Lietuvos piliečių, kurie nėra lietuviai (apibrėžimas per platus).



2. **Apibrėžime negalima naudoti apibrėžiamosios ar tiesiogiai iš jos išvedamos sąvokos.** Apibrėžiamoji ir apibrėžiančioji sąvokos turi būti skirtingos ir savarankiškos. Taip pat negalima apibrėžti naudojant sąvoką, kuri pati paaiškėja tik apibrėžiamosios sąvokos pagalba. Tai reiškia, kad negalima sudaryti ciklo, kuris atveda prie pradinės sąvokos ir neatskleidžia esmės. Forma, kai apibrėžiančioje sąvokoje yra apibrėžiamoji sąvoka, vadinama *tautologija* (tuo pačiu žodžiu įvardijama ir tapačiai teisinga loginė forma).
3. **Apibrėžime neturi būti neiginio.** Nurodome apibrėžiamos sąvokos būdingas, o ne neturimas žymes. Apibrėžimai per neigimą neatlieka pagrindinio tikslo – neatskleidžia sąvokos turinio. Išimtis – neiginio naudojimas kai apibrėžiamoji sąvoka yra neigiamojo pobūdžio, pavyzdžiui – „ateistas yra žmogus, kuris netiki jokių Dievu“.

Apibrėžimų su ciklais pavyzdžiai.

„Dydis yra tai, kas gali mažėti ar didėti“ (tautologija)

„Sukimasis yra judėjimas aplink ašį“; „Ašis yra tiesė aplink kurią vyksta sukimasis“ (dviejų dalių ciklas)

Apibrėžimų su neiginiu pavyzdžiai.

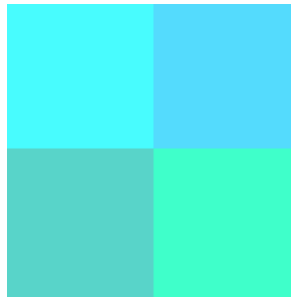
„Skystis yra tai, kas nėra kietas ar dujinis kūnas“

„Kritikai – tai žmonės, kuriems nepavyko tapti rašytojais“ (Dž. Londonas)

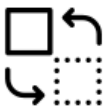
„Negražus – toks, kokio negalima pavadinti gražiu“

4. **Apibrėžimas turi būti vienareikšmis.** Apibrėžiančioji dalis pasirinktame kontekste turi nurodyti vienintelę apibrėžiamą sąvoką (tik reikia nepamiršti, kad ta pati sąvoka gali būti išreikšta skirtingais terminais). Atvirkštinės taisyklės nėra, sąvoka gali būti apibrėžta daugiau negu vienu būdu.
5. **Apibrėžimas turi būti neprieštaringas.** Apibrėžiančioje dalyje neturi būti viena kitai prieštaraujančių sąlygų, dėl kurių apibrėžimas netiktų niekam.
6. **Apibrėžimas turi būti aiškus ir neperteklinis.** Apibrėžiant nedera naudoti dviprasmiškų, metaforiškų, retų ar šiaip sunkiai suprantamų išsireiškimų

Yra sąvokų, kurių praktiškai neįmanoma apibrėžti kuriame nors kontekste dėl jų elementarumo arba, atvirkščiai, dėl sudėtingumo. Pavyzdžiui, „žalia“ spalva gali būti apibrėžiama fizikiniu požiūriu (matomo spektro bangos ilgių intervalas), tačiau tai, kaip mes vadiname spalvas yra susitarimo dalykas. Žmonės tuos pačius turkio spalvos atspalvius dažnai skirtingai įvardija kaip žalsvą arba žydrą.



Ilgą laiką japonai mėlynai ir žaliai spalvai pavadinti vartojo tą patį žodį „ao“ (青).



#### Apibrėžimą pakeičiantys metodai

- **Nurodymas.** Betarpiškai suvokiamą daiktą galima parodyti, leisti pajusti, pavyzdžiui, spalvą, garsą. Toks metodas dar vadinamas ostensiniu (lot. ostensio – parodymas,) „apibrėžimu“.
- **Aprašymas.** Išsamiai pateikiami svarbūs sudėtingo objekto požymiai, pavyzdžiui, konkretaus brangakmenio, augalo žiedo struktūros, cheminės reakcijos.
- **Charakteristika.** Pateikiamos išsiskiriančios savybės, pavyzdžiui, augalų genties, psichinės ligos.
- **Palyginimas.** Sąvoka paaiškinama taikant analogiją su geriau žinomu dalyku, pavyzdžiui, laidumas šilumai gali būti lyginamas su permatomumu. Analogijos gali ir

suklaidinti, todėl jų vengiama ten, kur svarbus tikslumas, tačiau jos tinka siekiant sudominti.

- **Atskyrimas.** Nurodomas esminis požymis skiriantis sąvoką nuo žinomos panašios sąvokos.

Moksliniame ar kitame tiriamajame darbe neužtenka vien apibrėžti objektų sąvokas. Būtina *operacionalizuoti* objektų savybes ar tarpusavio santykius, t.y., daugiau ar mažiau abstrakčias *savybes* susieti su vienareikšmio jų reikšmių nustatymo būdu. Aprašius, kaip savybė matuojama ar kaip nustatoma jos kokybinė kategorija, iš esmės sukonstruojamas operacinis jos apibrėžimas. Operacionalizavimas yra empirinio tyrimo dalis. Jis moksle būtinas tam, kad

- a) būtų galima tikėtis surinkti sistemišką ir palyginamą informaciją;
- b) tyrimą galėtų tinkamai pakartoti kiti;
- c) būtų galima statistiškai vertinti rezultatų patikimumą.

**Operacionalizavimas** – veiksmai, kuriais abstrakčios sąvokos apibrėžimuose, hipotezėse ir pan., paverčiamos dalykais, kuriuos galime vienareikšmiškai nustatyti ar išmatuoti.

Apie operacionalizavimo reikšmę.

1998 m. gruodį NASA paleido orbitinį robotą *Mars Climate Orbiter*, kuris buvo skirtas stebėti Marso atmosferai ir paviršiui. 1999 m. rugsėjį ryšys su robotu buvo prarastas jam įeinant į Marso orbitą. Spėjama, kad robotas sudegė atmosferoje arba liko suktis aplink Saulę. Labiausiai tikėtina nesėkmės priežastis – skirtingi dviejų roboto valdymui naudotų programų sistemų matavimo vienetai. *Lockheed Martin* valdymo sistema žemėje naudojo „amerikietiškus“ paleidimo parametrų matavimo vienetus, o trajektoriją koreguojanti NASA sistema naudojo metrinę (SI) sistemą ir atitinkamai interpretavo skaitines reikšmes.



Kai kurias sąvokas operacionalizuoti palyginti lengva. Pavyzdžiui, sąvoka „žmogaus *amžius*“ gali būti operacionalizuota taip: žmogaus nugyventų pilnų metų skaičius nuo jo gimimo momento. *Ūgis* – tiesiai stovinčio žmogaus aukštis centimetrais, nuo pagrindo iki viršugalvio. Bet ir šiais atvejais pastebime iškylančius klausimus apie matavimo vienetus, metodą ir kitus ypatumus, nuo kurių gali priklausyti skirtingi matavimo rezultatai. Pavyzdžiui, ar matuojant ūgį svarbios centimetro dešimtosios dalys, ar skaičiuojant metus svarbios valandos?



Abstraktesnių sąvokų, tokių kaip *intelektas*, *nerimas*, *agresija*, *pasitenkinimas* operacionalizavimas gali būti tikras iššūkis. Tokios sąvokos dažnos socialiniuose tyrimuose, kur dažnai naudojami rangai ir nestandartizuoti parametrai. Dažnai vienai sąvokai tinkamai operacionalizuoti reikia viso rinkinio indikatorių.

Tinkamai operacionalizuoti labai svarbu ir kai objektas nestebimas tiesiogiai, o aptinkamas kitais metodais, pavyzdžiui, matuojant nuo jo atsispindėjusių elektromagnetinių bangų savybes.

Sąvokas operacionalizuoti galima ne vieninteliu būdu, jis priklauso nuo to, ką tiksliai svarbu žinoti konkrečiame kontekste. Pavyzdžiui, *kūrybiškumas* gali būti operacionalizuotas visais šiais būdais:

- a) kiek skirtingų sąvaržėlės panaudojimo būdų tiriamasis sugalvojo per 3 minutes;
- b) pasiūlytų būdų originalumo vertinimo vidurkis, kai 10 balų skalėje vertina trys ekspertai;
- c) atvirkščiai proporcingas laikui, per kurį tiriamasis sugalvojo skirtingus būdus;
- d) tiriamojo pasitenkinimas atliekant užduotį, subjektyviai įvertintas 5 balų skalėje.

Tai reiškia, kad net tinkamai atlikus operacionalizavimą, skirtingų to paties reiškinio ar objekto tyrimų rezultatai būtinai bus palyginami tarpusavyje.

Operacionalizuojant sudėtingas sąvokas lengva per daug supaprastinti. Pavyzdys – *skurdo* rodiklis, kurį patogiu išreikšti vidutiniu metiniu pajamų lygiu. Tačiau ta pati skaitinė pajamų išraiška vienoje šalyje gali reikšti skurdą, kitoje – pasiturintį gyvenimą. Dažnai vykdomos apklausos, siekiant įvertinti naudotojų pasitenkinimą įsigyta preke ar suteikta paslauga, kai pasitenkinimas išreiškiamas pasirinktu balu penkių ar dešimties sveikų skaičių skalėje. Tačiau balas nieko nepasako apie priežastis, dėl kurių respondentas vertino būtent taip, o ne kitaip.

## 2.5 Užduotys



Užrašykite ant lapelių po tris sąvokas. Sudėkite į bendrą sąrašą. Suklasifikuokite gautą aibę.



Užrašykite ant lapelių po dvi nieko bendro neturinčias sąvokas. Poromis susikeiskite lapeliais ir pabandykite rasti, kas sieja užrašytas sąvokas (kokiai bendrai klasei jos priklauso).



Surašykite trijuose koncentrinuose apskritimuose svarbiausias išmoktas sąvokas – vidiniame apskritime svarbiausias, išoriniame ne tokias svarbias. Parašykite jų apibrėžimus.



Pažaiskite žaidimą „Atspėk sąvoką“  
Spėjant sugalvotą sąvoką galima užduoti tik tokius klausimus, į kuriuos galima vienareikšmiškai atsakyti „taip“ arba „ne“. Atkreipkite dėmesį, kaip žaidimo metu sudarote klasifikaciją, siaurindami poklasius iki reikiamos sąvokos.

Pažaiskite tą patį žaidimą pridėję dar du atsakymo variantus: „negaliu atsakyti“ ir „nežinau“. Kaip šie variantai keičia įsivaizduojamą klasifikaciją?



Suklasifikuokite savo grupės studentus pagal informacijos metabolizmą remdamiesi [www.socionika.lt](http://www.socionika.lt) informacija. Kaip ši klasifikacija atitinka taisyklingos klasifikacijos taisykles?



Išnagrinėkite citatoje žemiau pateiktą klasifikaciją. Kaip ji atitinka taisyklingos klasifikacijos taisykles?

... kinų enciklopedija pavadinimu *Dangiškasis labdaringojo mokslo emporijus*. Jos senoviniuose puslapiuose parašyta, kad gyvūnai skirstomi į a) priklausančius Imperatoriui, b) balzamuotus, c) prijaukintus, d) žinduklius, e) sirenas, f) mitinius, g) benamius šunis, h) įtrauktus į šią klasifikaciją, i) siautulingus, j) nesuskaitomus, k) nupieštus ploniausiu kupranugario vilnos teptuku, l) visus kitus, m) ką tik sudaužiusius vazą, n) iš toli panašius į muses.

J.L. Borges

*Analitinė J. Wilkins'o kalba (1952)*



Išnagrinėkite citatoje žemiau pateiktą klasifikatorių. Kaip jis atitinka taisyklingos klasifikacijos taisykles? Ar galite pasiūlyti, kaip patobulinti šį klasifikatorių?

Vietovardžio statusas:

- Oficialus
- Kitas
- Standartizuotas
- Nenustatytas
- Istorinis



Išanalizuokite įstatymo nuostatas. Kokias klases jos apibrėžia?  
Palyginkite gautas klases grupėje.

...

2. Asociacijoje turi būti visuotinis narių susirinkimas ar kitas organas (konferencija, suvažiavimas, kongresas, asamblėja ar kt.), turintis visas ar dalį visuotinio narių susirinkimo teisių.
3. Asociacijos organui (konferencijai, suvažiavimui, kongresui, asamblėjai ar kt.), turinčiam visas visuotinio narių susirinkimo teises, taikomos šio Įstatymo nuostatos, taikytinos visuotiniam narių susirinkimui.
4. Jeigu sudaromas kitas asociacijos organas (konferencija, suvažiavimas, kongresas, asamblėja ar kt.), kuris turi tik dalį visuotinio narių susirinkimo teisių, tuomet visuotinis narių susirinkimas yra privalomas.
5. Asociacijoje turi būti valdymo organas (vienasmenis ar (ir) kolegialus).
6. Asociacijoje gali būti sudaromi kiti organai.



Išnagrinėkite apibrėžimus, jei jie neatitinka kurių nors taisyklingo apibrėžimo taisyklių, nurodykite, kokių.

1. **JPEG** (*Joint Photographic Expert Group*) – komiteto, sukūrusio standartinį vaizdu glaudinimo algoritmą, pavadinimas. Jis skirtas tiek spalvotų, tiek juodai-baltų skaitmeninių vaizdų glaudinimui; mažiau tinka brėžinių bei netinka judančių vaizdų glaudinimui.
2. **Formatas** – sisteminis duomenų kompiuteryje tvarkymas į duomenų elementų rinkinius – rinkmenas.
3. **Atvaizdis** – papildomas kompiuterio formuojamų duomenų rodinys, jų originalių elementų, pavyzdžiui, antraščių atspindys turinyje.
4. **Elektroninė valdžia** – viešojo administravimo dalis, skirta viešojo administravimo procesams tobulinti taikant informacines ir ryšių technologijas.



Sukonstruokite operacinį apibrėžimą sąvokoms

1. vienodas ūgis,
2. nusikaltėlis,
3. „laimingas“ skaičius.



Pasiskirstykite grupėmis. Surašykite kurso metu išmoktas naujas sąvokas trijuose koncentrinuose apskritimuose pagal svarbą: centriniame – svarbiausios, išoriniame – mažiausiai svarbios. Pasikeiskite darbais grupėse. Peržiūrėkite išrinktas sąvokas ir jas apibrėžkite.



Pasidalinę į grupes operacionalizuokite teiginius: „Jauni medikai nori dirbti dideliuose miestuose. Todėl mažuose miesteliuose trūksta gydytojų“. Aptarkite gautus rezultatus ir juos palyginkite.



Pažaiskite žaidimą „Codenames“ (<https://codenames.game/>) arba „Codenames pictures“. Pastebėkite, kaip sunku apibendrinti žodžius arba rasti bendras piešinėlių savybes.

## Pasitikrinkite žinias



Pavaizduokite Veno diagramomis aibes:

I – studentai, P – pažangūs studentai, D – dirbantys studentai, M – moteriškos lyties studentai, A – studentai, esantys akademinėse atostogose, J – studentai, jaunesni, kaip 18 metų. Raskite P, D ir A sankirtos papildinį, M ir D sąjungos papildinį.



Apibrėžkite šias sąvokas. Kokio tipo apibrėžimą parinkote kiekvienu atveju?

1. Geografija
2. Mokslas
3. Topazas
4. Isterija
5. Kolokviumas
6. Geras studentas
7. Sveikas žmogus
8. Išmintis
9. Velnias



Ar visada galite atpažinti netaisyklingą klasifikaciją? Parinkite netinkamą klasifikacijų pavyzdžių, išanalizuokite.



Ar galite atpažinti netaisyklingą apibrėžimą? Parinkite netinkamų apibrėžimų pavyzdžių, išanalizuokite.



Kokių taisyklių netenkina apibrėžimai?

1. „Šuo yra žmogaus draugas.“
2. „Ekscentriškumas – tai tam tikra idiosinkrazija.“
3. „Integrali registrų sistema – tarpusavyje susijusių registrų visuma.“
4. „Registras – teisinių, organizacinių, techninių ir programinių priemonių visuma, skirta registro objektui registruoti ir registro duomenims, registro informacijai, registruoti pateiktiems dokumentams tvarkyti ir naudoti.“
5. „Pakartotinis panaudojimas – asmenų naudojimas informacija komerciniams arba nekomerciniams tikslams.“



Operacionalizuokite teiginius.

1. „Saikingai valgomas juodasis šokoladas gali būti sveikas skanėstas.“
2. „Narkotinių medžiagų vartojimas didina tikimybę susirgti psichikos liga.“
3. „Pasitenkinimas darbu didina darbuotojo produktyvumą.“
4. „Žmonės miegos geriau, jei vakare pasivaikščios lauke.“

3.

## ESYBĖS IR OBJEKTAI

*Jei tik įmanoma, pakeiskite  
nežinomas esybes žinomų esybių  
deriniais.*

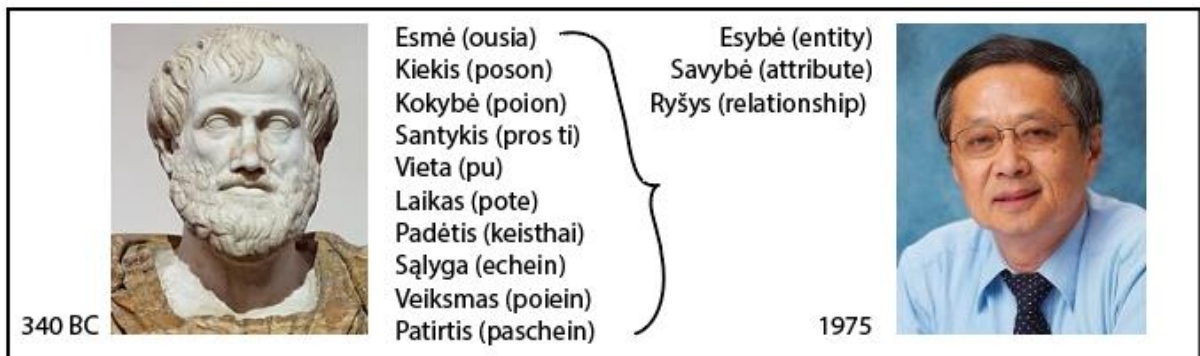
*Bertranas Raselas*

### 3.1 Esybės

Esybių ryšių modelis yra semantinis modelis. Taigi, jis pagrįstas žmogui suprantamomis sąvokomis, nuo kurių ir pradedamas modeliavimas. Kaip ir dauguma atvejų pirmasis etapas yra dalykinės srities sąvokų surinkimas, apibrėžimas, jei reikia – operacionalizavimas.

Toliau sąvokos klasifikuojamos. Šiame etape ir paaiškėja esybių ryšių modelio ypatumai. Šis modelis yra pagrįstas trimis sąvokų kategorijomis arba bendrosiomis sąvokų klasėmis. Tai – *esybė*, *savybė* ir *ryšys*.

Nė vienas dalykas nėra absoliučiai nepanašus į jokią kitą. Todėl sąvoką visada galima priskirti kokiam nors klasei. Yra klasės, apimančios labai didelį objektų kiekį; jos įvardijamos labai bendrais terminais. Dar Aristotelis tokias klases vadino kategorijomis. Jis išskyrė dešimt kategorijų. Laikyta, kad absoliučiai kiekviena žodžiais išreiškiamą sąvoką gali būti priskirta vienai iš šių kategorijų



14 pav. Sąvokų kategorijos nuo Aristotelio iki P. Čeno.

Vėliau Aristotelio išskirtos kategorijos buvo dar labiau apibendrintos ir šiuo metu laikoma, kad bendriausios sąvokų klasės yra tik trys.

**Esybė** (angl. *entity*) –įvardijama, savarankiška, atskiriama nuo kitų sąvoka, paprastai – kažkas, kas egzistuoja ir apie ką norime turėti informaciją. Tai viena iš trijų bendriausių sąvokų kategorijų, kalboje dažniausiai išreiškiamą daiktavardžiu.

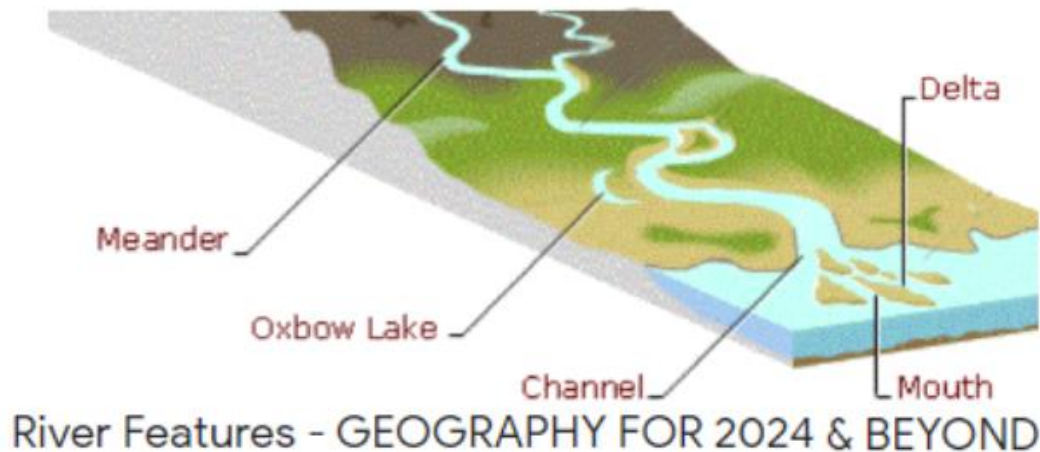
**Savybė** (angl. *attribute*) yra priklausoma sąvoka, išreiškianti kokios nors esybės ypatybę. Ji negali egzistuoti savaime, nesiejama su objektu, kurio ypatybę išreiškia.

**Ryšys** (angl. *relationship*) – sąsaja tarp esybių ar jų savybių, paprastai nusakoma veiksmažodžio konstrukcija.

*Esybė, savybė* ir *ryšys* yra filosofinės kategorijos, naudojamas, kai kalbama apie bendriausią sąvoką, koncepciją. Jų pavyzdžiai gali būti ir konkrečios, ir itin abstrakčios sąvokos, tokios kaip *gėris, tvarka, baimė*. Kai kuriais atvejais net sunku pasakyti, kuriai iš trijų sąvokų klasių tokios sąvokos priskirtinos. Modeliuojant siekiama eliminuoti bet kokį neaiškumą, todėl abstrakčių sąvokų vengiama. Techninėje kalboje ir modeliuose, ypač duomenų bazių, operacionalizuotos esybės ir savybės yra net įvardijamos skirtingais terminais – atitinkamai objektai ir atributai.

**Objektas** – tai esybė, kuri pasižymi apibrėžtumu ir konkretumu, pakankamu, kad būtų galima kalbėti apie jos individus (esybės klasės egzempliorius) ir būtų galima kaupti apie juos duomenis. Abstrakčios esybės modeliuose pasitaiko tik išskirtiniais atvejais, tačiau ir tada jos sukonkretinamos iki įprastos objekto sampratos. *Objektas* – tai informatikos terminas, dažniau suprantamas kaip konkretus daiktas arba skaitmeninis jo vaizdas duomenų bazėje, žemėlapyje ar kitoje informacinėje struktūroje. Pavyzdžiui, žodis *Dievas* kalboje dažniausiai reiškia mistinę, nepažiną *esybę*, tačiau modelyje jis turėtų būti operacionalizuotas kaip konkretaus tikėjimo *objektas*, pasižymintis konkrečiomis praktiškai aprašomomis savybėmis. Toliau tekste terminus *esybė* ir *objektas* laikysime sinonimais.

Anglų kalboje Žemės paviršiaus objektas, paprastai vaizduojamas žemėlapyje ar duomenų bazėje, dažnai įvardijamas terminu *feature*. Šis žodis dar vis neretai klaidingai pažodžiui išverčiamas kaip *savybė* ar *požymis*. Tai klaida. Lietuviškai *feature* – geografinis objektas.



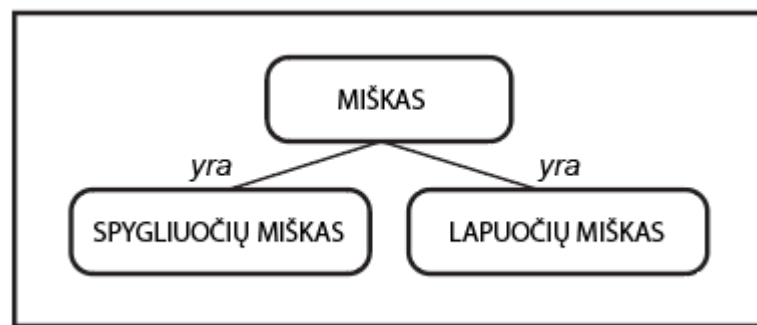
Ir esybės, ir objektai praktiškai visada išreiškiami daiktavardžiais, kurie ir laikomi esybių *vardais*.

Esybių ryšių modelyje esybės yra bendrosios sąvokos. Individualios sąvokos atitinka visiškai konkrečius objekto (esybės) egzempliorius (individus, realizacijas, angl. *instance*).

**Esybės egzempliorius** (angl. *instance*) – konkretus objektas, kurį galima priskirti esybės sąvokos klasei, atskiriamas nuo kitų tos klasės egzempliorių.

Modelyje esybė žymima stačiakampiu, kuriame užrašytas jos vardas vienaskaita. Esybė modelyje vaizduojama vienintelį kartą. Egzemplioriai esybių ryšių modelyje niekaip neatsispindi.

Geras esybių ryšių modelis tinkamai parodo sąvokų santykius. Subordinuotas sąvokas atitinkančios esybės modelyje sudaro klasių hierarchiją, susietą apibendrinimo ryšiais. Koordinuotas sąvokas atitinkančios esybės turi bendrą superklasę. Konceptiniame modelyje gali būti tik viena esybė, žyminti visas lygiareikšmes sąvokas.



**15 pav.** Esybės esybių ryšių modelyje – klasių hierarchinis vaizdavimas.

Santykinė sąvoka, suponuojanti kitos esybės buvimą (pavyzdžiui, *duktė*, *partneris*) dažnai reiškia taip vadinamą *silpnąją esybę*. Silpnoji esybė, nors ir gali būti traktuojama kaip savarankiška, visada turi būti ryšiu sujungta su kita esybe. Dar dažniau silpnosios esybės apskritai pakeičiamos ryšiais.

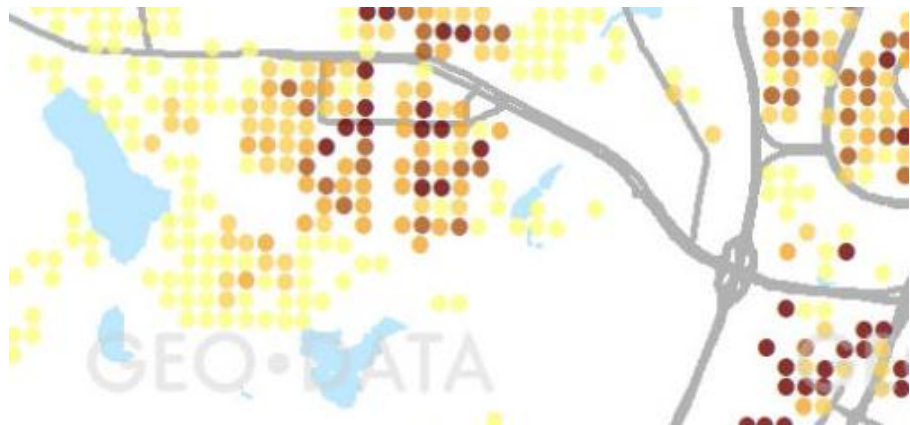
Svarbu suvokti kokių esybių reikia geram modeliui ir ar jos nėra perteklinės. Nėra universalių receptų, kaip tą padaryti. Greitai identifikuoti srities esybes išmokstama praktikuojantis. Vis dėlto, net ir profesionalai neretai praleidžia daug laiko gilindamiesi, aiškindamiesi, imdami interviu iš dalykinių sričių specialistų vien tam, kad sudarytas modelis kuo geriau atspindėtų tikrovę. Dažnai prasminga kartu su modeliu pateikti ir jo esybių tikslus apibrėžimus – srities terminų žodynelį.

Dažnai kyla klausimas, ar esybė, kurios dalykinėje srityje yra vienintelis egzempliorius (t. y., ji tam tikra prasme ir yra egzempliorius), turi būti vaizduojama modelyje. Pavyzdžiui, *Lietuva*, kaip šalis kurioje atliekamas tyrimas, *leidykla*, apie kurios išleistas knygas kaupiama informacija – dažnai tai būna esybės, apibrėžiančios dalykinės srities ribas ar nusakančios kontekstą. Svarbu suprasti, kad kalbama ne apie konkrečiu metu aprašytus ar žinomus egzempliorius, o apie visus teoriškai įmanomus pasirinktoje dalykinėje srityje. Pavyzdžiui, tuo atveju kai modeliu aprašomi tik Lietuvos dirvožemiai, esybė *valstybė* arba *valstybės teritorija* turės tik vieną egzempliorių. Bet jei tyrimu prireiks kitos šalies informacijos, esybė *valstybė* jau turės daugiau, ir, galimai, labai daug egzempliorių.



Gali pasirodyti, kad labai lengva nustatyti, ar sąvoka yra esybė. Pavyzdžiui, pabandykime sugalvoti, kokios esybės reikalingos kalbant apie miesto gyventojų skaičiaus tyrimą. Neretai pirma mintis būna – gyventojas. Geriau pagalvojus tampa aišku, kad pavieniai gyventojai šiame tyrime nedalyvauja, todėl tokia esybė nereikalinga. Tada gali atrodyti, kad *gyventojų skaičius* ir yra pagrindinė esybė. Bet pabandykime įsivaizduoti, kokia galėtų būti tos esybės egzempliorių aibė. Vienintelis egzempliorius, nes sąvoka abstrakti? Kokia tada iš jo nauda? Ir ar tikrai tai savarankiška sąvoka? Juk kalbame ne apie gyventojų skaičių abstrakčiai, o apie tam tikros *vietos* gyventojų skaičių. Taigi, gyventojų skaičius apibūdina vietą, todėl tai nėra savarankiška sąvoka. Vėliau pamatysime, kad gyventojų skaičiaus sąvoka atitinka *savybės* apibrėžimą.

Ar tikroji esybė šiuo atveju yra *miestas*? Ar kalbame tik apie vieno miesto gyventojų skaičių? Ne, iš tiesų kaupsime gyventojų skaičiaus duomenis apie miesto *seniūnijas*. Miesto seniūnija ir yra mums reikalinga esybė. Geografiniuose tyrimuose esybė dažnai būna tam tikro tipo teritorija arba ją reprezentuojantis taškas, kaip parodyta gyventojų skaičiaus žemėlapyje (geodata.lt) fragmente žemiau.



Pristatymui skirtame modelyje esybė su vieninteliu egzemplioriumi gali būti, jei tai modeliui suteikia aiškumo ar vaizdumo. Duomenų bazei kurti skirtame modelyje paprastai yra tik daugiau negu vieną egzempliorių turinčios esybės, nes duomenų bazės paskirtis ir yra kaupti informaciją apie egzempliorius.



Sprendžiant, ar pasirinkta sąvoka tikrai yra esybė ir ar ji pakankamai operacionali, kad būtų tinkama modeliui, reikia patikrinti kelias sąlygas:

- ar tai daiktavardis, reiškiantis kažką, kas yra;
- ar sąvoka savarankiška, t.y., gali būti naudojama ir suprantama be kitų esybių;
- ar esybė turi savo savybių;
- ar esybė lengvai atskiriama nuo kitų panašių;

- ar egzistuoja ir yra aiškiai suprantami esybės egzemplioriai;
- ar apie esybės egzempliorius norime kaupti informaciją;
- ar lygiavertė esybė (galbūt kitaip pavadinta) nėra jau įtraukta į modelį.

### 3.2 Savybės, atributai ir domenai

Didelė dalis daiktavardžiais išreiškiamų sąvokų, kurios nereiškia esybių, įvardija įvairius esybių požymius. Galima pastebėti, kad tai būna abstrakčios sąvokos, tokios kaip *ūgis*, *masė*, *spalva* ir pan. Savaiame jos nėra prasmingos, o įgauna prasmę tik susietos su viena ar kita esybe. Tada galima kalbėti apie kelio atkarpos *ilgį*, žvaigždės arba vabzdžio *masę*, pigmento *spalvą*.

Esybei taip pat reikia su ja susietų savybių vien tam, kad ji taptų kažkuo įdomi. Turimų savybių rinkinys, kuris paprastai nebūna labai didelis, leidžia suprasti, kaip mes matome modeliuojamą esybę. Savybių rinkinys yra kaip filtras, paslepiantis neesmines ar apskritai nesvarbias esybės savybes. Vieną kartą modelyje apibrėžta esybė turi vieną savybių rinkinį.

Kai žinome, kad esybė *žvaigždė* turi savybes *masę* ir *ryškį*, tai reiškia, kad kiekviena konkreti žvaigždė, būdama šios esybės egzemplioriumi, taip pat turi šias savybes. Be to, egzempliorius ne šiaip turi savybes, bet galima ir nustatyti jų *reikšmes*. Taigi, savybė yra tarsi kintamasis, kuris įgyja vieną ar kitą reikšmę kiekvienam esybės egzemplioriumi. Visi vienos esybės egzemplioriai turi tą patį savybių rinkinį, bet visų egzempliorių savybių reikšmės skiriasi (nebent turėtume visiškai identiškus egzempliorius).

Ryškiausia naktinio dangaus žvaigždė Sirijus yra Didžiojo Šuns žvaigždynė. Jos regimasis ryškis yra -1.43 (kuo mažesnė ryškio skaitinė reikšmė, tuo ryškesnis objektas), apskaičiuota masė – 2.14 Saulės masės, spindulys – apie 1.7 Saulės spindulio. Viena didžiausių žinomų žvaigždžių yra Skydo žvaigždyno raudonoji supermilžinė UY *Scuti*. Jos regimasis ryškis yra apie 9, apskaičiuota masė – apie 10 Saulės masių, o spindulys – net 1700 kartų didesnis už Saulės.



Tą pačią savybę gali turėti daugiau negu viena modelio esybė. Pavyzdžiui, savybę *masė* gali turėti ir *automobilis*, ir *variklis*, ir *žvaigždė*. Tačiau jei dviejų esybių savybių rinkiniai visiškai sutampa (svarbūs ne savybių vardai, o apibrėžimai), tai yra ta pati esybė.

Kuo tiksliau apibrėžtos esybių savybės, tuo lengviau suprasti ir įvertinti modelį. Jei modelis daromas pristatymui, užtenka suprasti, kokias savybių reikšmes gali turėti esybės

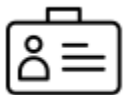
egzemplioriai. Kalboje abstrakčios savybių reikšmės neretai nurodomos būdvardžiais – *geras, didelis, ryškus* ir pan. Duomenų bazei kurti skirtame modelyje savybė turi būti visiškai tiksliai apibrėžta, t.y., žinoma jos reikšmių sritis ir reikšmių nustatymo būdas. Tokia savybė vadinama *atributu*, pabrėžiant skirtumą tarp abstrakčios filosofinės ir techninės, tinkamai operacionalizuotos, o kai kuriais atvejais dirbtinai priskirtos savybės.

**Atributas** yra apibrėžta esybės savybė, kurios reikšmę galima objektyviai nustatyti kai kalbama apie konkretų esybės egzempliorių. Atributų reikšmės padeda nustatyti esybių egzempliorių kokybę, kiekybę ar būseną, taip pat identifikuoti ar klasifikuoti esybes. Atributai pateikiami sąrašu po esybės pavadinimu. Tekste galima kompaktiškai užrašyti tokia forma: *Esybė* (Atributas\_1, Atributas\_2, ... Atributas\_n), pavyzdžiui: *Studentas* (StudentoID, Įstojimo\_metai, Vardas, Pavardė, Statusas).



**16 pav.** Esybė ir jos atributai esybių ryšių modelyje.

Sudarydami duomenų bazei projektuoti skirtą esybių ryšių modelį žinome, kad bus kaupiama informacija apie kiekvienos esybės egzempliorius. Kadangi su duomenimis bus dirbama nematant pačių egzempliorių, o daugelis jų savybių reikšmių gali sutapti (pavyzdžiui, kelios žvaigždės su visiškai vienodomis ryškio, masės ir dydžio reikšmėmis) turi būti galimybė pagal turimus duomenis atskirti vieną egzempliorių nuo kito.



Iš tikrųjų esybė yra ne konkretus daiktas, bet jo sąvoka, abstrakcija, pavyzdžiui, *ežeras*, kuriam nurodytas atributų rinkinys pakankamas konkrečiam tikslui, kuriuo ta informacija bus saugoma duomenų bazėje, pavyzdžiui, kartografavimui, inventorizavimui, hidrocheminiams tyrimams ar kt. Konkretus ežeras, pavyzdžiui, Tauragnų ežeras, yra tos *esybės egzempliorius*, su konkrečiomis *visų* jo atributų reikšmėmis. Pagal šių reikšmių rinkinį šį ežerą galima atskirti nuo kitų esybės *ežeras* egzempliorių. Iš principo sistemoje negali būti dviejų identiškų rinkinių, kitaip du egzemplioriai neatskiriamai sutaptų. Kiekvienas esybės egzempliorius modelyje turi būti unikaliai identifikuojamas.

**Unikalus identifikatorius** – esybės atributas ar jų derinys, kurio reikšmės negali sutapti jokiems dviems tos esybės egzemplioriams, ne tik žinomiems, bet ir potencialiai galimiems pasirinktoje dalykinėje srityje.

Projektuojant duomenų bazę reikalaujama nurodyti esybės savybę (arba keletą savybių), pagal kurią vienareikšmiškai galime atpažinti tos esybės kiekvieną egzempliorių. Jei unikalaus identifikatoriaus savybe pasižymi keletas atributų, tiesiog pasirenkamas vienas iš jų – paprastai tas, kuris yra paprasčiausios struktūros. Modelyje privaloma jį pažymėti. Pavyzdyje (16 pav.) diezo simboliu # pažymėtas unikalus *studento* identifikatorius.

Tinkamas asmens unikalus identifikatorius yra, pavyzdžiui, jo asmens kodas arba paso numeris. Pavardė tokiu identifikatoriumi būti negali, nes pasitaiko vienodų pavardžių.

Kai kurių atributų reikšmių galima nežinoti konkrečiu laiko momentu ar apskritai, ir dėl to nieko blogo neatsitiks. Kaupiant duomenis leidžiama nenurodyti jų reikšmės, t.y., laikyti, kad kuriuo nors laiko momentu to atributo reikšmė yra nežinoma. Tokie atributai vadinami neprivalomais, o jų reikšmės esybės egzemplioriui gali būti nenurodytos. Atributai, kurių reikšmių nežinoti negalima, vadinami privalomais ir kiekvienas egzempliorius privalo turėti nurodytą to atributo reikšmę. Žinoma, unikalaus identifikatoriaus reikšmės visada yra privalomos. Esybių ryšių modelyje galima pažymėti, taip pat ar atributo reikšmės yra privalomos, kaip tai padaryta 16 pav.: žvaigždutė \* prieš atributo vardą žymi *privalomą atributą*, burbuliukas ○ – *neprivalomą atributą*.

Nejudantys geografiniai objektai visada gali būti atskirti pagal jų vietą erdvėje. Pavyzdžiu, ežeras arba pastatas visada gali būti vienareikšmiškai identifikuojamas pagal jo perimetro koordinačių rinkinį. Tačiau paprastai nėra patogu tikrinti unikalumą pagal koordinates, todėl kuriami sąrašai, kuriuose objektams priskiriami unikalūs palyginti paprastos struktūros kodai. Valstybei svarbūs duomenys saugomi juridinę galią turinčiuose duomenų rinkiniuose, kaip, pavyzdžiui, Upių, ežerų ir tvenkinių kadastras ar Nekilnojamojo turto registras. Kiekvienas ežeras ar pastatas registre gali būti randamas atitinkamame registre pagal jo unikalų kodą.



Unikalus identifikatorius gali būti natūralus arba sukurtas specialiai. Paprasčiausias dirbtinio unikalaus identifikatoriaus pavyzdys yra numeris – sveikas teigiamas skaičius, iš eilės suteikiamas kiekvienam naujam egzemplioriui. Natūralus unikalus identifikatorius dažnai turi papildomą vertę, nes yra natūrali identifikuojamo esybės egzemplioriaus savybė. Žmonės turi

ne vieną natūralų unikalų identifikatorių – DNR, pirštų pagalvėlių piešinį (tiesa, jo unikalumas tik teorinis, tiesiog sutapimo tikimybė nepaprastai maža), akies rainelės vaizdą, ir, be abejo, koordinates erdvėlaikyje. Vis dėlto, šias savybes ne tik nustatyti, bet ir palyginti

Identifikatorių unikalumas nėra absoliutus, jis galioja konkrečios dalykinės srities ribose. Pavyzdžiui, gyventojų asmens kodas yra unikalus Lietuvos Respublikoje šiuo metu. Nėra garantijos, kad kuri nors jo reikšmė atsitiktinai nesutaps su kitos valstybės gyventojų asmens kodu arba su Lietuvos piliečio kodu po kelių šimtų metų. Darbuotojo pažymėjimo numeris unikalus tik vienoje organizacijoje (gali sutapti skirtingų įstaigų darbuotojų pažymėjimų numeriai) ir pan. Vienoje studentų grupėje gali būti (bet gali ir nebūti) unikalūs vardo ir pavardės deriniai.

Kartais būtina užtikrinti unikalų identifikatoriaus universalumą bendriausiame kontekste. Pavyzdžiui, pasauliniu mastu unikalumas gali būti užtikrintas pridendant unikalų valstybės kodą prie valstybės mastu unikalų duomenų arba įvedant susitarimą dėl bendros identifikavimo sistemos visose šalyse.



Akivaizdu, kad net ir paprasčiausias realus objektas gali turėti labai daug įvairių atributų, Modeliuojant būtina išrinkti tik tuos iš jų, kurie privalo būti duomenų bazėje, jei reikia, juos apibendrinti, o neretai ir sukonstruoti naujus, kuriais nepasižymi realūs objektai, pavyzdžiui, priskirti ežerams numerius. Gali kilti klausimas, kiek atributų apskritai gali turėti esybė.

Iš vienos pusės, modelis realybę turi vaizduoti supaprastintai, todėl idealiu atveju esybės turėtų turėti tiek atributų, kiek maždaug galima aprėpti žvilgsniu. Paprastai atributų būna nuo kelių iki keliolikos. Didelis skaičius atributų reiškia, kad renkama labai detali informacija apie esybės egzempliorius. Jei to reikia, atributų gali būti ir šimtai, tačiau tokie atvejai reti. Mažiausiais atributų skaičiais galėtų būti vienas (privalomas unikalus identifikatorius), bet tai būtų nelabai informatyvu, nes negalėtume palyginti egzempliorių informacijos – jie visi būtų tiesiog skirtingi. Todėl esybės turi bent du atributus.

Jau žinome, kad atributai yra kintamieji, kurių reikšmės prireikus galima nustatyti. Operacionalizuojant susitariama, iš kokios reikšmių aibės tos reikšmės gali būti. Pavyzdžiui, *ežero* druskingumas gali būti loginis kintamasis (taip/ne), ištirpusių mineralinių medžiagų procentas (realus skaičius intervale nuo 0 iki 100) arba kiekis gramais litre (realus teigiamas skaičius) priklausomai nuo to, kaip ir kam šio atributo reikšmės bus naudojamos.

Apibrėžiant domeną, parenkamas mažiausias semantinis duomenų vienetas, kuris yra savarankiškas, pavyzdžiui, asmens kodas. Jis laikomas nedalomu, neturinčiu vidinės struktūros, žinoma, ne absoliučiai, o tik duomenų bazės kontekste. Pavyzdžiui, miesto pavadinimas gali būti išskaidytas į atskirus simbolius, tačiau prasmę jis turi tik tada, kai yra visų tų simbolių, išdėstytų nustatyta tvarka, junginys.

Net jei atributų reikšmės yra to paties elementaraus tipo, pavyzdžiui, skaičiai, to nepakanka operacionalumui užtikrinti. Būtų nepatogu, jei vienais metais stojančiųjų į universitetą balas būtų skaičiuojamas vienaip, o kitai – kitaip. O taip iš tiesų buvo – nors ir įmanoma, bet nelengva išsiaiškinti, kaip palyginti tokius balus: 15.5 (2001 m.), 1217.8 (2007 m.), 18.24 (2012 m.) ir 8.16 (2023 m.).

Dar blogiau būtų jei pradėtume tarpusavyje lyginti skirtingų atributų reikšmes, nors jos ir būtų to paties tipo, pavyzdžiui, amžių metais su pinigų suma eurai arba per metus suvalgomų vaisių skaičiumi. Pagrindinė domenų prasmė yra apriboti galimas palyginimo operacijas.



**Domenas** – vieno tipo semantiškai nedalomų reikšmių aibė, kuriai suteiktas vardas ir iš kurios imamos atributo reikšmės.

Domenas gali būti, pavyzdžiui, savaitės dienos, visi įmanomi asmens kodai, amžiui metais – sveiki neneigiami ir ne didesni už teorinę gyvenimo trukmę skaičiai. Atributų reikšmės gali būti paimtos tik iš jų atitinkamų domenų. Kiekvienas atributas turi būti apibrėžtas vieninteliame domene. Žinoma, domeną sudaro visos apskritai galimos reikšmės, ne tik tos, kurios yra naudojamos duomenų bazėje konkrečiu momentu.

Domenas yra ne kas kita kaip duomenų tipas, kuris gali būti baigtinis arba begalinis, elementarus arba sudėtingas, bet visada apibrėžtas kiek įmanoma tiksliau, numatant galimų atributų reikšmių apribojimus. Domenai naudojami duomenų bazių valdymo sistemose ir padeda išvengti netyčia atsirandančių pagal prasmę netinkamų reikšmių, tokių kaip neigiamas atlyginimas ar 32-oji mėnesio diena. Domenai modelyje tiesiogiai nevaizduojami, išskyrus kai kurias žymėjimų sistemas, kuriose ties atributų vardais nurodomi jų duomenų tipai.



Atributų reikšmės esybės egzemplioriui gali būti nekintamos arba kintamos, pirminės arba išvestinės (apskaičiuojamos). Pavyzdžiui, žmogaus gimimo data yra nekintama (žinoma, sąlygiškai, nes ji gali būti patikslinta ištaisant klaidą), o amžius – kintama savybė, kuri gali būti bet kuriuo metu apskaičiuota žinant gimimo datą. Kuriant modelį, jei galima pasirinkti, siekiama, kad savybės būtų pirminės ir nekintamos. Unikalaus identifikatoriaus

reikšmės naudojamos duomenų rinkiniams susieti tarpusavyje (plačiau apie tai – 5 skyriuje), todėl jos turėtų būti keičiamos tik ypatingais atvejais ir gerai apgalvojus.

Kai kurios savybės turi savarankiškumo požymių. Pavyzdžiui, apie *spalvą* galima kalbėti ir nesiejant jos su jokių konkrečiu objektu. Konkrečios spalvos pavadinimas tuo atveju yra jos pačios savybės reikšmė, pavyzdžiui, „mėlyna“, „šviesiai žalia“, „rausva“. Daugiau žinodami apie spalvas galime jas keliais būdais išskaidyti į komponentus. Pavyzdžiui:

- a) spaudai skirtame spalvų modelyje: *Spalva* (Pavadinimas, C, M, Y, K);
- b) ekranui skirtame modelyje: *Spalva* (Pavadinimas, R, G, B);
- c) žmogui skirtame modelyje *Spalva* (Pavadinimas, Tonas (angl. *hue*), Sodrumas, Ryškumas).

Dar sudėtingesnė yra savybė *šriftas* – kartais minimas tik jo pavadinimas, pavyzdžiui, *Garamond*, tačiau praktiškai kiekvienam užrašui turi būti parenkamas visas rinkinys jo išvaizdą apibūdinančių savybių: šrifto garnitūros (angl. *font face*) variacija, dydis, spalva, keli tarpų tarp simbolių ir eilučių parametrai, kontūro spalva ir storis ir pan.). Data ir adresas taip pat yra sudėtinės savybės.

Tai, kad kai kurios savybės gali turėti savo savybių, ar, greičiau, sudėtinių dalių, jokių didelių problemų nesukelia. Jei modelyje yra objektai, kurie turi spalvos savybę, vietoje vienos savybės gali būti visas reikalingas jai aprašyti atributų kompleksas. Taip dažnai daroma aprašant kartografinius sutartinius ženklus.

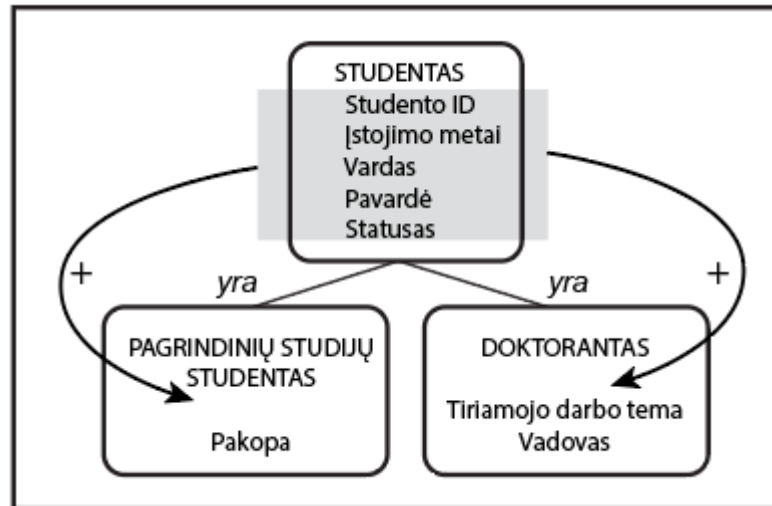
Tiesa, ne visada būtina apkrauti modelį detalio technine informacija. Parenkant spalvas dažnai naudojami katalogai, kur kiekvienai spalvai priskirtas unikalus kodas ir pateikiama visa reikiama informacija. Tada užtenka modelyje nurodyti spalvos numerį ir, žinoma, konkretaus katalogo nuorodą). Šrifto atveju patartina numatyti nedidelį skaičių galimų naudoti naudojamų šriftų variacijų ir joms taip pat priskirti unikalius kodus. Papildyti esybių ryšių modelius klasifikatoriais ar katalogais yra įprasta praktika.

Ne tik spalva ar šriftas gali būti sudėtinė savybė. Įvairios matuojamos savybės gali sudaryti struktūras, pavyzdžiui miesto gyventojų skaičius pagal amžiaus grupes sudaro bendrą miesto gyventojų skaičių, miško medžių rūšių procentinė sudėtis sudaro 100%, akcijų kurso duomenis skirtingais metais sudaro metai ir skaitinė vertė, o šios poros siejamos į eilutę, kuri dažnai vaizduojama grafiku.





Klasių hierarchijoje kiekvienas poklasis automatiškai turi visas superklasės savybes. Dar sakoma, kad poklasiai *paveldi* atributų rinkinius iš savo superklasių. Poklasiai paprastai turi ir du ar daugiau specifinių (nuosavų) atributų. Modelyje poklasių atributų lentelėse išvardijami tik nuosavi atributai, paveldimi atributai, esantys prie superklasės, nekartojami.



17 pav. Paveldimi iš superklasės atributai.



Ne visais atvejais lengva nustatyti ar sąvoka turėtų būti modeliuojama kaip esybė, ar kaip savybė. Pavyzdžiui, daiktavardis *pasas* pagal pagrindinius kriterijus turėtų būti savarankiška esybė – dokumentas, knygelė. Tačiau praktiškai kur kas dažniau domina ne pasas kaip objektas, o tik jo numeris tiek, kiek jis svarbus aprašant kitos esybės (žmogus, pilietis) egzempliorius. Tada praktiškiau yra modeliuoti *pasas* numerį kaip esybės *pilietis* atributą. Ir atvirkščiai, dažnai laikoma, kad *miestas*, kaip gyvenamoji vieta, yra esybės *gyventojas* atributas, tačiau jei dalykinė sritis apima miestus ir įvairias jų charakteristikas bei ryšius, prasminga išskirti esybę *miestas*, o su esybe *gyventojas* ja susieti ryšiu. Be to, esybė *gyventojas* ne visiškai atitinka esybės reikalavimus – ji nėra savarankiška, nes ši sąvoka visada siejama su koku nors teritoriniu vienetu, t.y., nėra nepriklausoma. Pavyzdžiui, „Žemės gyventojas“, „kaimo gyventojas“ ir pan. Taigi, išskiriant esybes ir jų atributus būtina atsižvelgti ir į jų prasmę, ir į dalykinės srities ribas ir kitas jos sąvokas (kontekstą).

Kitas pavyzdys – skirtingų abstrakcijos lygmenų esybės, pavyzdžiui, bendresnė esybė *automobilis*, ir konkretnės klasės – *lengvasis automobilis*, *autobusas*, *krovininis automobilis*, *specialusis automobilis* ir kt. Visos šios esybės galėtų būti modelyje ir sudaryti klasių hierarchiją, analogišką pavaizduotai 15 pav., bet daugeliu taikymo atvejų, kai nesvarbūs konkretūs poklasių skirtumai, užtenka papildyti esybės *automobilis* atributų rinkinį poklasio pavadinimu, pavyzdžiui „tipas“, kurio domenai būtų visų galimų poklasių vardų reikšmės. Tada atskiros poklasių esybės nebėra reikalingos.

Taigi, išskiriant esybes ir jų atributus būtina atsižvelgti į dalykinės srities ribas ir kitas jos sąvokas (kontekstą).



Sprendžiant, ar pasirinkta sąvoka tikrai yra savybė ir ar ji pakankamai operacionali, kad būtų tinkama modeliui, reikia patikrinti sąlygas:

- ar sąvoka apibūdina kokią nors žinomą esybę;
- ar sąvoka siejama su klausimu koks? kiek? kada?, ar ji gali būti traktuojama kaip kintamasis;
- ar žinome, kaip galima nustatyti to kintamojo domeną ir konkrečias reikšmes;
- ar sąvoka nėra savarankiška ir tokia svarbi, kad turėtų būti išskirta kaip atskira esybė;
- ar ji pakankamai svarbi, kad reiktų kaupti informaciją apie jos reikšmes;
- ar ji negali būti apskaičiuota ar kitu būdu išvesta iš jau turimų savybių;
- ar šios savybės reikšmės gali likti nenurodytos (privalomumas);
- ar nėra likę sąvokų, kurios kažką apibūdina, bet negali būti vienareikšmiškai priskirtos nė vienai modelyje esančiai esybei.

Kiekvienai esybei modelyje būtina patikrinti, ar ji turi unikalios identifikatoriaus savybę.

### 3.3 Užduotys



Surašykite esybes, apie kurias galite rasti informaciją Vilniaus universiteto studijų informacinėje sistemoje. Surašykite jų atributus.



Susipažinkite su Valstybės informacinių išteklių valdymo įstatymo ar kito teisės akto tekstu. Remdamiesi apibrėžtomis sąvokomis sudarykite jo reglamentuojamos srities esybių ryšių modelį. Palyginkite sukurtus modelius grupėje.



Kas yra adresas – esybė ar savybė? Ar gali būti ir viena, ir kita? Aptarkite atvejus, pateikite pavyzdžių.



Sugalvokite pavyzdžių, kai ta pati sąvoka viename modelyje būtų esybė, o kitame – savybė.



Paieškokite internete įvairių duomenų rinkinių specifikacijų. Pabandykite rasti Gyventojų registro duomenų specifikaciją. Susipažinkite, kaip specifikacijose aprašomi objektai ir atributai. Pasidalinkite savo patirtimi grupėje.



Surašykite esybes ir jų atributus, kurių reikia Lietuvos gyvenamųjų vietovių žemėlapiui parengti. Kaip šiame modelyje turėtų atsispindėti žemėlapio sluoksniai? Aptarkite grupėje.



Kokius duomenis norėtumėte surinkti apie savo grupės studentus? Parenkite tam skirtą esybių ryšių modelį. Poromis pasikeiskite modeliais, pakomentuokite.

#### Pasitikrinkite žinias



Sugalvokite, kokie atributai gali vienareikšmiškai nusakyti šių esybių egzempliorius:

1. Jūsų grupės studento
2. Laikraščio
3. Bet kurio planetos žmogaus
4. Šuns
5. Medžio
6. Viruso



Kodėl esybių vardai modelyje visada rašomi vienaskaita?



Ar studento vardas gali būti unikalus esybės identifikatorius Jūsų grupėje?



Ar gali esybė neturėti nė vieno atributo? Turėti vienintelį atributą?



Kaip susiję klasifikatorius ir domenai?



Ar galima sakyti, kad studentas Marius turi atributą „automobilio numeris“, o studentas Darius šio atributo neturi, jei žinoma, kad Darius neturi automobilio?



Ar žmogaus turimas vaikų skaičius yra jo atributas?



Ką reiškia sąvoka „skirtingos esybės“?



Ką reiškia faktas, kad dviejų skirtingų esybių keletas atributų sutampa?



Sugalvokite, kokius atributus galėtų turėti šios esybės. Kurie iš jų būtų neprivalomi?

1. Teisės aktas
2. Pigmentas
3. Sporto šaka
4. Religija
5. Žmogaus patirtis



Ar kuri nors iš aukščiau išvardytų esybių galėtų būti kokios nors kitos esybės savybė? Suglavokite pavyzdžius.



Ar atributas gali turėti daugiau negu vieną reikšmę?

4.

# RYŠIAI – MODELIO ELEMENTŲ SĄSAJOS

*Be ryšio.*

*Populiarus apibūdinimas*

## 4.1 Ryšys ir jo savybės

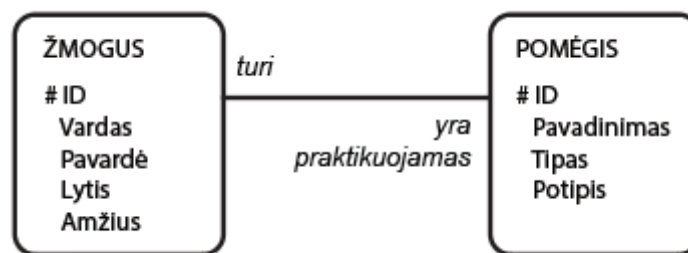
Esybių ir savybių neužtenka, kad modelis būtų informatyvus. Modelis yra sistemos atspindys, todėl dar reikia nurodyti, kaip jame esančios esybės susijusios tarpusavyje. Tam reikia dar vienos, trečiosios, sąvokų kategorijos – ryšio.

Ryšio sąvoka kalboje paprastai išreiškiama ne daiktavardžiu, o su veiksmažodžiu. Iš karto nėra akivaizdu, kaip kalbos dalis, kuri reiškia objekto veiksmą ar būseną ir atsako į klausimus “ką veikia” arba “kas vyksta”? galėtų būti reikšti ryšį. Kad tą suprastume, turime pasigilinti į ryšio apibrėžimą esybių ryšių modelio kontekste.

**Ryšys** (angl. *relationship*) – turintis pavadinimą santykis (asociacija) tarp dviejų esybių.

Kalboje pasakytas veiksmažodis, pavyzdžiui, *eina, valgo* įgyja prasmę tik tada, kai nurodoma dar bent viena, dažniau – dvi ar daugiau esybių, pavyzdžiui: „*pėstysis eina per perėją*“, „*žmogus eina į darbą*“, „*vaikas valgo obuolį*“. Veiksmas susieja šias esybes, jų buvimas kartu įgauna prasmę.

Gerai apibrėžtoje dalykinėje srityje nėra esybių, kurios nebūtų ryšiu susietos su bent viena kita esybe. Nesusieta, „kabanti“ esybė reiškia, kad arba jos sąvoka iki galo neišsiaiškinta, arba kad ji iš tiesų nepriklauso dalykinei sričiai. Abiem atvejais tokio modelio negalima laikyti baigtu.



**18 pav.** Ryšys tarp esybių.

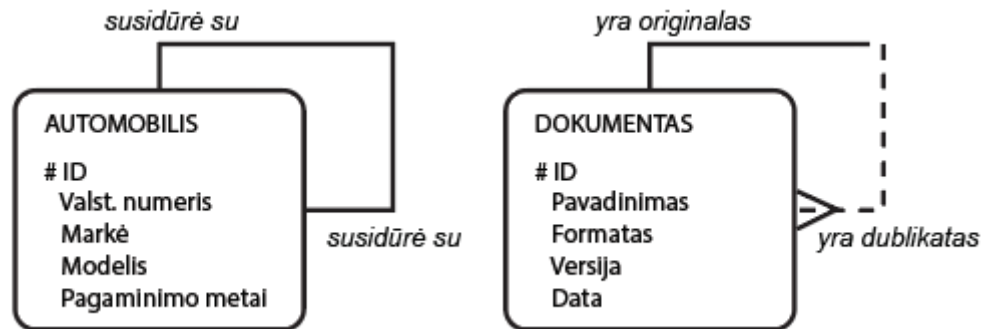
Ryšys diagramose žymima esybių stačiakampius jungiančia linija. Ryšys neturi krypties, todėl nenaudojamos jokios rodyklės. Dirbant su ryšiais anksčiau identifikuotus atributus ir jų papildomas savybes galima ignoruoti, naudoti tik esybių stačiakampius su vardais. Tačiau svarbu nepalikti ryšio neįvardyto, nes būtent pavadinimas paaiškina, ką reiškia pavaizduota sąsaja.

Ryšys visada turi du galus, kurių kiekvienas yra įvardijamas taip, kad ryšį diagramoje būtų galima perskaityti kaip sakinį. Kartais užtenka parašyti pavadinimą viename jo gale, bet

paprastai siekiant visiško aiškumo, pavadinimas rašomas abiejuose galuose, kiekvienas pavadinimas arčiau tos esybės, nuo kurios pradėtume skaityti – kaip parodyta 18 pav.

Modelis yra supaprastintas dalykinės srities vaizdas. Būtent dėl paprastumo esybių ryšių modelyje atsisakyta tikrovėje neretai pasitaikančių ryšių, kurie sieja daugiau kaip dvi esybes, tokių kaip „katė virtuvėje erzina šunį“, „pirkėjas perka prekę elektroninėje parduotuvėje“. Juos visus galima pavaizduoti išskaidžius poromis: „katė yra virtuvėje“, „šuo yra virtuvėje“ ir „katė erzina šunį“.

Tačiau visiškai galimas ryšys tarp esybės ir jos pačios. Tokie ryšiai pavaizduoti 19 pav. Žinoma, tai nereiškia, kad automobilis susidūrė su pačiu savimi. Esybė *automobilis* yra abstrakcija, o ryšys šiuo atveju suteikia informaciją, kad gali tarp dviejų automobilių, kurie yra jos egzemplioriai, gali įvykti susidūrimas – modelio fragmentas aprašo eismo įvykį. Atkreipkite dėmesį, kad šis ryšys yra simetriškas, iš abiejų pusių skaitomas vienodai, todėl jo pavadinimą užtenka užrašyti viename gale. Dokumento ir jo dublikato ryšys sudėtingesnis, jo savybės aprašytos žemiau.



19 pav. Ryšiai tarp esybės ir jos pačios.

Aukščiau pateiktas trilypio ryšio pavyzdys įdomus tuo, kad jį išskaidžius poromis visgi prarandama dalis informacijos – būtent ta, kuri sieja visą trejetą. Iš dvilypių ryšių sužinome – katės ir šunys gali būti virtuvėse, o katės gali erzinti šunis. Trilypio ryšio atveju žinotume – konkreti katė erzina konkretų šunį toje pačioje virtuvėje.



Kalbant apie ryšį tarp dviejų esybių kyla trys klausimai:

- kokio pobūdžio yra tas ryšys;
- ar kuriame nors ryšio gale gali nebūti nė vieno esybės egzemplioriaus;
- kiek esybės egzempliorių gali būti kiekviename ryšio gale.

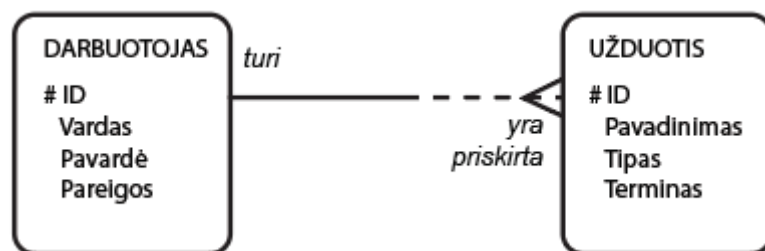


Kad esybių ryšių modelio diagrama galėtų į šiuos klausimus atsakyti, be to, kad ryšiai įvardijami, dar nurodomos ryšių savybės: privalomumas ir kardinalumas.

**Privalomumas** ryšio savybė, parodanti, ar atitinkamame gale gali nebūti nė vieno susietos esybės egzemplioriaus. Pavyzdžiui, žmogus gali turėti automobilį, bet gali jo ir neturėti, tuo tarpu automobilis visada turi savininką. Todėl šiuo atveju automobilio pusėje ryšys yra neprivalomas, o žmogaus pusėje – privalomas. Neprivalomas ryšys žymimas punktyrine linija atitinkamoje ryšio pusėje – prie tos esybės, kurios egzempliorius neprivalomas.

**Kardinalumas** yra ryšio savybė, rodanti, kiek atitinkamame gale gali būti susietos esybės egzempliorių, jei jų yra. Šią savybę turi ir privalomi, ir neprivalomi ryšiai. Dažniausiai neįmanoma nustatyti nei tikslaus egzempliorių skaičiaus, nei skaičių intervalo. Todėl modelyje žymimi tik du variantai.

- „vienas“, t. y., ryšio gale gali būti ne daugiau kaip vienas esybės egzempliorius. Tokiu atveju ryšio gale yra paprasta ištisinė ar punktyrinė (jei ryšys neprivalomas) linija; ir
- „daug“, t. y., ryšio gale gali būti daugiau negu vienas esybės egzempliorius. Tokiu atveju atitinkamame ryšio linijos gale braižoma „šakutė“, kaip parodyta 20 pav.. Jei galima nurodyti tikslų esybės egzempliorių skaičių, pavyzdžiui, savaitę sudaro 7 dienos, jis rašomas šalia „šakutės“. Jei galima nurodyti intervalą ar apribojimą, pavyzdžiui, žmogaus gimimo metai  $> 0$ , tai taip pat gali būti pažymėta modelyje.

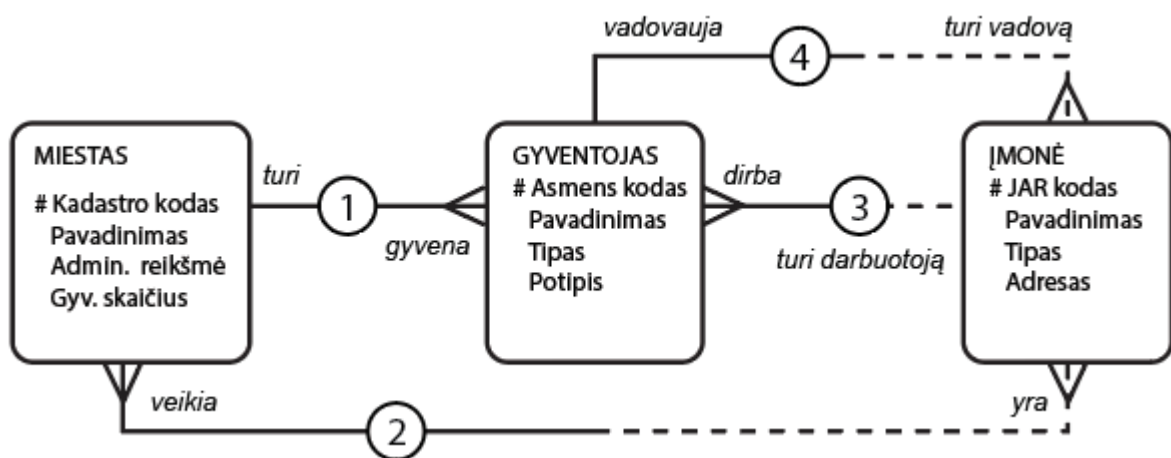


20 pav. Ryšio privalomumas ir kardinalumas.

Esybių ryšių modelis yra semantinis, taigi, visi jo elementai susiję su sąvokų prasme kalboje. Ryšius tarp esybių turi būti galima perskaityti iš abiejų galų naudojant formalią sintaksę. Pavyzdžiui, 21 pav. pavaizduotas esybių ryšių modelis skaitomas kaip nurodyta žemiau (galima, bet nebūtina išvardyti ir kiekvienos esybės atributus).



1. *Mieste, apie kurį žinome jo kadastro kodą, pavadinimą, administracinį statusą ir gyventojų skaičių būtinai gyvena vienas arba daugiau gyventojų apie kurį žinome jo asmens kodą, vardą ir pavardę. Gyventojas gyvena vieninteliame mieste.*
2. *Mieste gali veikti viena arba daugiau įmonių, apie kurias žinome jos kodą Juridinių asmenų registre, pavadinimą, tipą ir adresą. Įmonė yra viename arba daugiau miestų.*
3. *Gyventojas gali dirbti vienintelėje įmonėje. Įmonėje būtinai turi ne mažiau negu vieną darbuotoją, kuris yra gyventojas.*
4. *Gyventojas gali vadovauti vienintelei įmonei. Įmonė būtinai turi vienintelį vadovą, kuris yra gyventojas.*



**21 pav.** Esibių ryšių modelis su keliais tinkamai nurodytais ryšiais

Ryšio pavadinimas ir privalomo, ir neprivalomo ryšio atvejais rašomas be sąlygų – „yra“, „turi“, „gyvena“. Sakiniuose ryšio pavadinimas modifikuojamas naudojant kardinalumą reiškiančius žodžiai „gali būti“, „gali turėti“, „gali gyventi“ (neprivalomas ryšys) ir „būtinai“ (privalomas). Esibių vardo skaičius ir linksnis pritaikomi taip, kad sakinyje skambėtų taisyklingai.

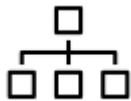
Jeigu galime perskaityti visus ryšiais susietų esybių poras, gauti sakiniai yra visiškai prasmingi ir tiksliai atitinka išsivaizdavimą apie dalykinę sritį, kurią modelis aprašo, modelis greičiausiai yra geras.

Būtina suprasti, kad modelis paprastai nebūna teisingas absoliučiai. Jis tik rodo situaciją tokią, kokią išsivaizduojame. Pavyzdžiui, 21 pav. modelis apima tik miesto gyventojus (nes pagal ryšio savybes gyventojas būtinai gyvena mieste), yra apribojimas – gyventojas gali dirbti tik vienoje įmonėje (nors realiame gyvenime žmogus gali turėti kelias darbovietes); iš kitos pusės, jis rodo, kad svarbūs ir tokie miestai, kuriuose nėra nė vienos įmonės. Tiksliai nurodžius ryšių savybes, yra patogiu analizuoti, svarstyti ir tikslinti modelį. Geras modelis yra patogus projektavimo instrumentas.

Iš tiesų privalomumas yra kardinalumo atvejis. Galime laikyti, kad kardinalumo reikšmė gali būti nulis, t. y., atitinkamoje ryšio pusėje gali nebūti susietos esybės egzemplioriaus. Kai kuriose žymėjimų sistemose punktyrinės linijos nenaudojamos, tiesiog kiekviename gale užrašomas galimas susietų egzempliorių skaičius (žr. 6 sk.).

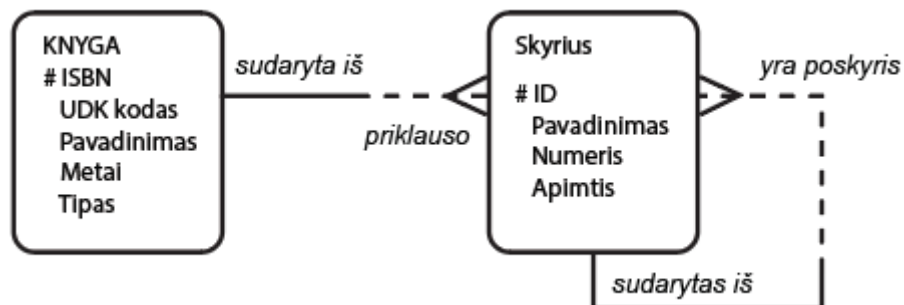


Atkreipkite dėmesį, kad modelis aprašo visas galimas situacijas, o konkreti situacija neturi būti su juo nesuderinama.



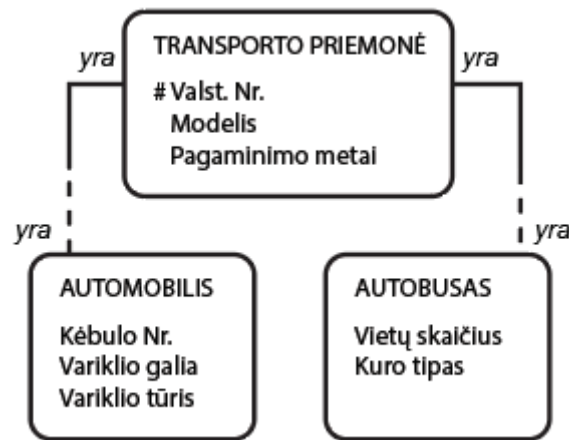
Ryšiai gali sudaryti hierarchijas. Yra du dažnai pasitaikantys hierarchinių ryšių atvejai – kompozicijos ir apibendrinimo.

Kompozicinis ryšys rodo, kad vienas objektas yra kito objekto dalis. Jis taip ir vadinamas: „sudarytas iš“/„yra dalis“. Šiame ryšyje dalyvaujančios esybės gali būti skirtingos, pavyzdžiui (22 pav.) *knyga* gali būti sudaryta iš *skyrių*, o *skyrius* gali būti sudarytas iš tokio pat *skyriaus* tipo objektų, kurie yra jo poskyriai. Skyriaus–poskyrio – esybės su savimi pačia – ryšys vadinamas rekursiniu ir leidžia aprašyti iš principo begalinę struktūrą. Agregavimo ryšio privalomumas ir kardinalumas gali skirtis priklausomai nuo vaizduojamos situacijos.



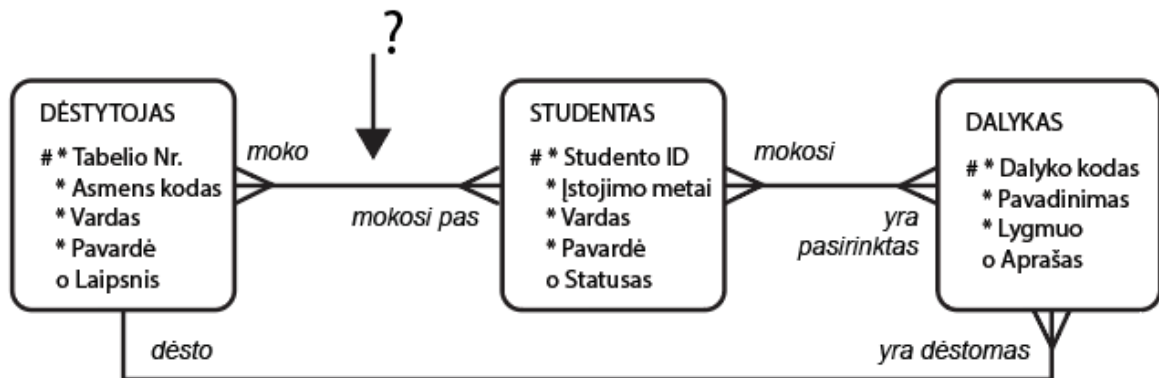
22 pav. Kompozicinis ryšys

Apibendrinimo ryšiai yra visai kitokie. Jis vaizduoja klasių hierarchiją ir visada yra to paties tipo – vienas su vienu, iš poklasio pusės neprivalomi, vadinami „yra“/„gali būti“ (23 pav.). Šiuo ryšiu susietos esybės paveldi visus superklasės atributus.



23 pav. Apibendrinimo ryšys

Iš pradžių modelyje reiktų sužymėti visus ryšius, kurie atrodo svarbūs. Vėliau juos analizuojant neretai pastebime, kad kai kurie ryšiai yra esminiai, tiesioginiai, o kiti, dažnai netiesioginiai, iš esmės reiškia tą patį. Neretai pertekliniai ryšiai pastebimi aptikus modelyje ciklą. Kaip parodyta modelyje (24 pav.), nors iš pradžių gali atrodyti, kad ryšys tarp dėstytojo ir studento yra pats svarbiausias, įsigilinus paaiškėja, kad jis netiesioginis, susidarantis tik dėstomo dalyko dėka, ir iš tiesų nereikalingas. Pertekliniai ryšiai turi būti pašalinti.



24 pav. Perteklinis ryšys

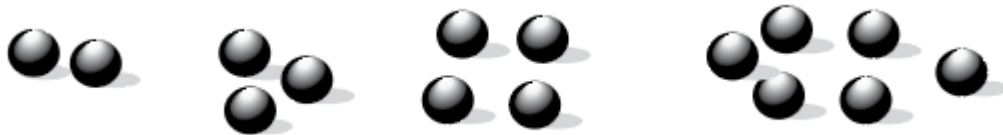
Žinoma, ciklas ne visada reiškia, kad yra perteklinis ryšys. Techniškai ciklą sudarantys ryšiai gali būti visiškai skirtingi pagal prasmę, kaip, pavyzdžiui 21 pav. pavaizduoti 3 ir 4 ryšiai.

Kai esybių ryšių modelis naudojamas duomenų bazei projektuoti, ryšių kardinalumo savybės yra ypač svarbios. Nuo jų priklauso, kokia bus duomenų bazės struktūra, kaip duomenų lentelės bus siejamos tarpusavyje. Todėl kitame poskyryje aptarsime galimus ryšių privalomumo ir kardinalumo derinius ir jų prasmę, kai kalbame apie tokius ryšius susietus

duomenų objektus. Tokių atvejų yra dešimt. Jie visi techniškai galimi, tačiau ne vienodai dažni ir ne visus juos tikslinga naudoti esybių ryšių modelyje.

„Nė vieno“, „vienas“ ir „daug“ – tai vos trys reikšmės, bet jų pakanka duomenų bazių projektuotojams kalbant apie ryšiu susietų esybių egzempliorių skaičių. Tuo jie panašūs į primityvias tautas, kurių kalbose yra tik keli skaitvardžiai įvardyti mažiems skaičiams. Pirahã genties, kuri gyvena Brazilijos Amazonės miškuose, kalboje yra pora žodžių apytikriai nusakyti labai mažam ir šiaip mažam skaičiui daiktų. Visa kita yra tiesiog „daug“.

Subitizacija (lot. *subitus* – staigus) – suvokimo savybė žaibiškai, neskaičiuojant, nustatyti matomų objektų skaičių. Laikoma, kad subitizacijos diapazonas yra nuo 1 iki 4.



## 4.2 Ryšių atvejai



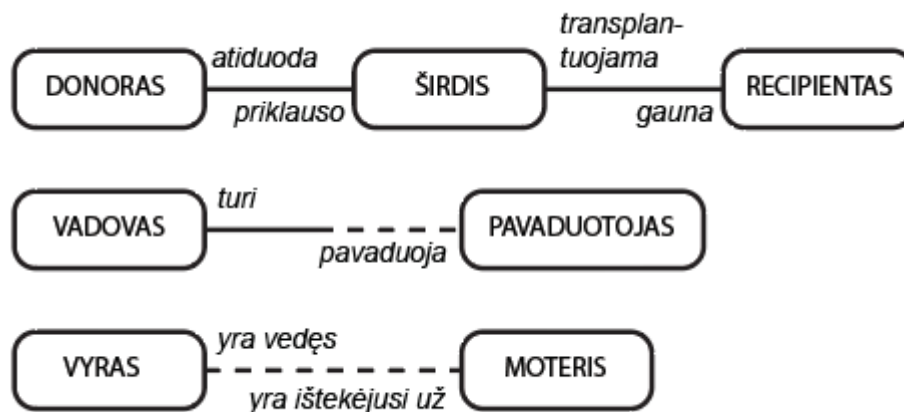
Ryšys „vienas su vienu“.

Šis ryšys yra palyginti retas. Jis reiškia labai vienareikšmę esybių sąsają, kuri aprašo susidarancias individų poras.

Gali būti trys tokio ryšio atvejai pagal abiejų galų privalomumo savybę.

**Privalomas iš abiejų pusių** ryšys rodo ypač tvirtą, nekintamą ir vienareikšmę sąsają tarp esybių, realybėje – neišardomą porą. Įsigilinus toks ryšys neretai pasirodo neteisingai suprastas. Gali būti, kad ryšio siejamos yra ne dvi skirtingos, o tik viena esybė, t.y., viena iš tokiu ryšiu sujungtų esybių nėra savarankiška, pavyzdžiui, *pilietis* ir jo *pasas*. Vienintelis įsvarbus esybės *pasas* atributas *numeris* gali būti tiesiog perkeltas prie dominuojančios esybės.

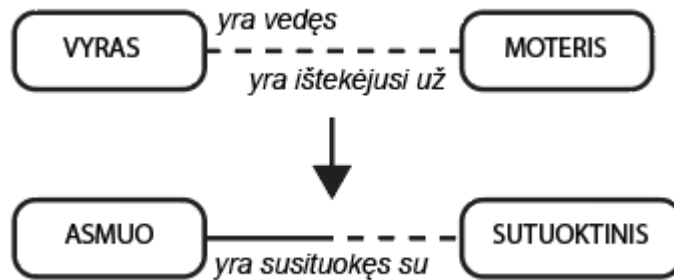
Tinkamas tokio tipo ryšys rodo, kad abiejų esybių egzemplioriai yra lygiaverčiai, turi reikšmingus nuosavus atributus (25 pav.). Taip būna labai specifinėse arba dirbtinai apribotose dalykinėse srityse. Pavyzdžiui, modelis gali aprašyti organų donorystę, kai ir donoras, ir unikalus organas yra svarbūs, turi savo identifikatorius, informacija apie juos kaupiama duomenų bazėje. Toks gali būti vyro ir žmonos ryšys santuokų duomenų bazėje – ryšys būtų abiejų pusių privalomas, nes nesutuokę žmonės šiuo atveju apskritai nedomina.



25 pav. Ryšiai „vienas su vienu“.

**Privalomas iš vienos pusės** ryšys kategorijoje „vienas su vienu“ pasitaiko dažniausiai. Tokie yra visi 23 pav. pavaizduoti apibendrinimo ryšiai ir kito tipo 25 pav. pavaizduotas ryšys „vadovas – pavaduotojas“, kuris visai įprastas organizacijose ir reiškia, kad vadovas vienu metu gali turėti tik vieną pavaduotoją.

**Neprivalomas iš abiejų pusių** ryšys neturi praktinės prasmės. Iš vienos pusės, jis apibrėžia unikalią porą, tačiau kiekviename gale esantis egzempliorius gali būti ir su niekuo nesusietas. Tokie ryšiai gali būti pradinėse modelio versijose, vėliau paprastai tenka pasirinkti, kuri iš susietų esybių yra svarbesnė ir paversti ryšį privalomu bent iš vienos pusės arba įvesti ribojimus, patikslinančius dalykinę sritį. Pavyzdžiui, 25 pav. pavaizduotas santuokos ryšys atrodo prasmingas kalbant apie viešųjų ir privačiųjų interesų deklaravimą – deklaruojant reikia pateikti faktus apie sutuoktinį. Tačiau skirstyti deklaruojančius asmenis į vyrus ir moteris šiame kontekste nėra jokios prasmės, tad dar geriau tiktų iš vienos pusės privalomas ryšys: deklaruojantis asmuo yra (nebūtinai) susituokęs su kitu asmeniu (26 pav.).



**26 pav.** Iš abiejų pusių neprivalomo ryšio „vienas su vienu“ sukonkretinimas.

Kitas būdas suteikti apibrėžtumo neprivalomam iš abiejų pusių ryšiui yra įvesti tarpinę esybę, kuri būtų susieta su abiem pradinio ryšio esybėmis bent iš vienos pusės privalomais ryšiais.

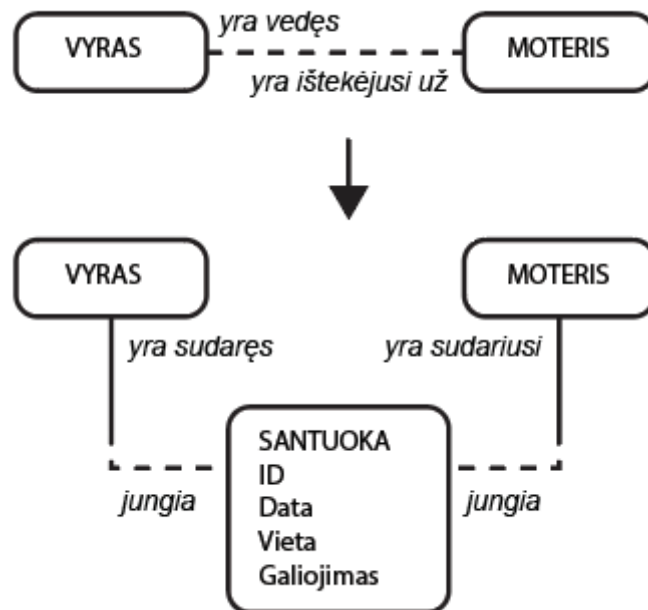
**Ryšio esybė** – tarpinė, dažnai dirbtinai sugalvota esybė, kuri padeda išskaidyti nepakankamai apibrėžtą ryšį, jį sukonkretinti, taip pat perteikti kai kurias savybes, kurios būdingos tam ryšiui.

Tarkime, mus domina vyrų ir moterų santuokos. 25 pav. pavaizduotas santuokos ryšys nelabai informatyvus. Pavyzdžiui, iš jo nesužinosime, *kada* ir *kur* santuoka buvo sudaryta.

Akivaizdu, kad atsakymai į klausimus *kada?* ir *kur?* turėtų būti savybės – data ir vieta. Tačiau būtų nelogiška datą ar vietą sieti su asmeniu, o kitų esybių modelyje nėra. Prisiminkite praeitame skyrelyje nurodytą sąlygą, kurią reikėjo patikrinti baigus rašyti esybių savybes: ar nėra likę sąvokų, kurios kažką apibūdina, bet negali būti vienareikšmiškai priskirtos nė vienai modelyje esančiai esybei. Dažniausiai tokios savybės apibūdina ne esybę, o ryšį. Tačiau esybių ryšių modelyje savybes turi tik esybės. Ši problema sprendžiama įvedant naują esybę, kuri gali būti natūrali, kaip *santuoka*, arba specialiai sugalvota, kaip, pavyzdžiui, *santuokų registro įrašas*.

Nauja esybė *santuoka* būtinai siejama su vienu vyru ir viena moterimi, taigi, naujoje struktūroje ryšiai įgauna apibrėžtumo (27 pav.). Be to atsiranda kam priskirti buvusias neaiškias savybes – santuokos sudarymo vieta ir laikas yra būtent santuokos savybės. Įvedus ryšio esybę neretai pagalvojama ir apie daugiau savybių, kurias ji gali turėti, taip dar geriau

aprašant dalykinę sritį. Pavyzdžiui, santuoka gali turėti savybę, rodančią ar ji galioja. Toks modelis leidžia kaupti informaciją ne tik apie esamas šiuo momentu, bet ir apie buvusias santuokas.



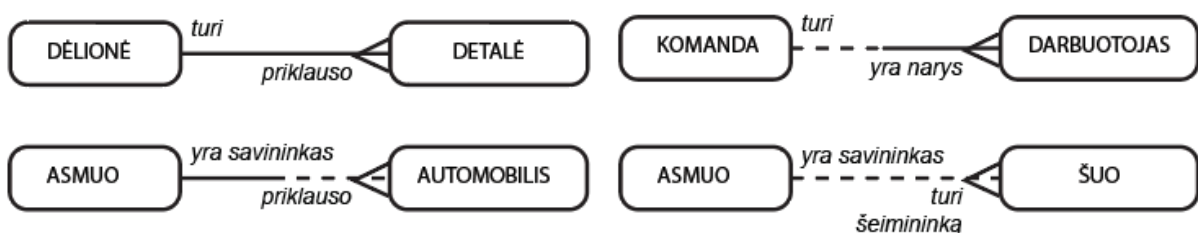
**27 pav.** Iš abiejų pusių neprivalomo ryšio „vienas su vienu“ skaidymas įvedant ryšio esybę.



Ryšys „vienas su daug“ modeliuose naudojamas dažniausiai. Šis ryšys yra nesimetriškas, todėl galimi keturi privalomumo atvejai.

**Privalomas iš abiejų pusių** ryšys reiškia neatsiejamą junginį: vienas ar daugiau vienos esybės egzempliorių siejami su vienu kitos esybės egzemplioriumi.

**Neprivalomas iš „daug“ pusės** ryšys reiškia, kad esybės egzempliorius, kuris yra vienas, yra privalomas aibei antrosios esybės egzempliorių, kurių gali ir nebūti. Dažnai tokie ryšiai apibūdina nuosavybę ar pavaldumą (28 pav.). Šį atvejį iliustruoja ir 22 pav. pavaizduotas kompozicinis ryšys.



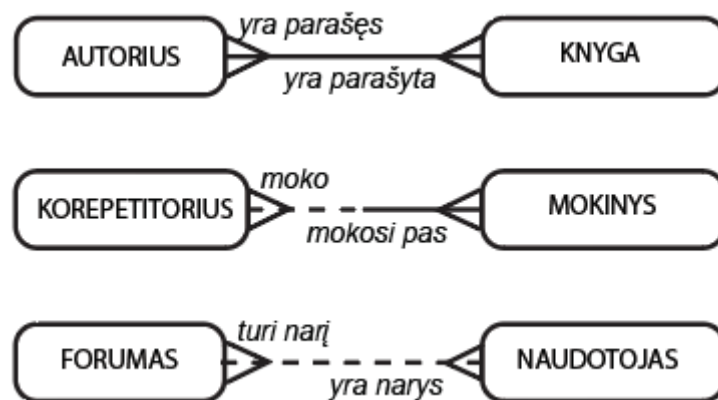
**28 pav.** Ryšiai „vienas su daug“

**Neprivalomas iš „vienas“ pusės ryšys** reiškia, kad esybės egzempliorius, kuris yra vienas, yra nebūtinai aibei antrosios esybės egzempliorių, bet jei jis yra, jis negali egzistuoti be tos aibės. Tai tipiškas jungimo (kompozicinis) ryšys, kai jungiami elementai yra svarbūs ne tik junginyje, bet ir atskirai. Taip pat jis dažnai reiškia lanksčiai formuojamus darinius, tokius kaip komanda, partija ar darbovietė – sąlyga, kad individas gali būti tik viename darinyje.

**Neprivalomas iš abiejų pusių ryšys**, kaip ir „vienas su vienu“ atveju, yra nepakankamai apibrėžtas ir turi būti kuriuo nors būdu sukonkretintas.



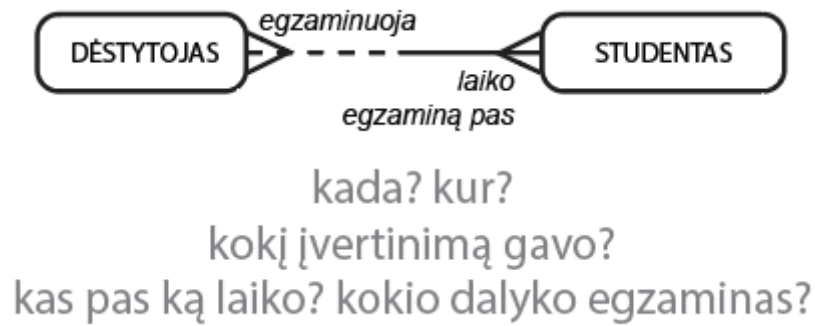
Ryšys „daug su daug“ yra labai dažnas pradiniam modeliavimo etape ir tai nenuostabu, nes beveik visose dalykinėse srityse pirmiausia pastebimos įvairios daugiareikšmės sąsajos (29 pav.).



**29 pav.** Ryšiai „daug su daug“

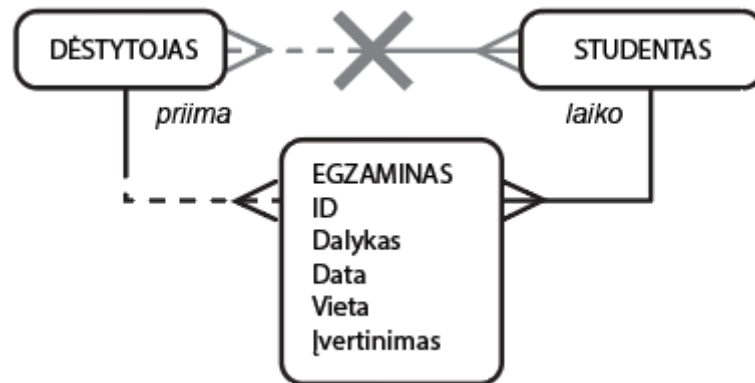
Tokio ryšio pagrindinė problema visais atvejais yra ta, kad jo buvimas dar neleidžia sužinoti, su kuriais konkrečiais esybės egzemplioriais yra susietas esybės egzempliorius viename ryšio gale. Taigi, ryšys „daug su daug“, nors suteikia bendrą informaciją, praktiškai nėra labai naudingas. Be to, kaip vėliau pamatysime, ryšių „daug su daug“ negalime pavaizduoti įprastu duomenų bazės modeliu (lentelių rinkiniu). Dar galima pastebėti, kad ryšiui „daug su daug“ visada yra būdinga turėti papildomas, ryšio, savybes, kurias jį galėtų sukonkretinti (30 pav.). Tuo toks ryšys yra savaime panašus į esybę su atributais.





**30 pav.** Ryšio „daug su daug“ ypatumai

Ryšys „daug su daug“ visada turi būti išskaidytas į du įvedant ryšio esybę. Kaip ir ryšio „vienas su vienu“ pavyzdyje, kartais tokia tarpinė esybė iš tikrųjų egzistuoja, dar dažniau ji sukuriama specialiai vaizduoti „daug su daug“ tipo ryšiui ir jo savybėms. Egzaminavimo tarpinės esybės pavyzdys parodytas 31 pav.



**31 pav.** Ryšio „daug su daug“ skaidymas įvedant tarpinę esybę.

*Egzaminas* šiuo atveju yra neapčiuopiama, bet realiai gerai suvokiama tarpinė esybė, kuri per egzaminavimo faktą susieja tarpusavyje vieną dėstytoją su vienu studentu ir tokiu būdu pakeičia 30 pav. pavaizduotą ryšį, be to, leidžia saugoti visą reikiamą informaciją apie egzaminavimo faktą.

Atkreipkite dėmesį, kaip buvusio ryšio „daug su daug“ (30 pav.) abi pusės sujungtos su naująja ryšio esybe: ir kardinalumas „daug“, ir buvusi atitinkamame ryšio gale privalomumo savybė taip pat perkelta prie ryšio esybės. Taigi, buvusi informacija, kad dėstytojas nebūtinai egzaminuoja studentus, išliko kita forma: dėstytojas nebūtinai priiminėja egzaminus.

Ryšio „daug su daug“ skaidymo schema visada yra vienoda:

- 1) įvedama pagal prasmę tinkamiausia tarpinė esybė, surašomos jos savybės,
- 2) buvęs „daug su daug“ ryšys padalijamas per pusę,
- 3) ryšio galai apšukami ir prijungiami prie naujosios esybės.

Dirbtinių ryšio esybių pavyzdžiai yra įvairūs žurnalai, sąrašai, registrai. Tokių žurnalų egzemplioriai yra **įrašai**. Juos matome ir sąskaitose faktūrose – jose sąrašai sudaryti pagal ryšio esybę *pardavimo faktas*, kuri jungia *prekę* ir *pirkėją*, be to, įgyja ryšio savybes: parduotų vienetų skaičių, pritaikytą nuolaidą ir pan. Kartais nepavyksta sugalvoti prasmingo pavadinimo ryšio esybei – tuo atveju ji gali būti pavadinta tiesiog *sąsajos faktas* arba *įrašas*.

MOJALO DARMAIS, DAINIKU KAVOS TUPPU, GWIT T KAVOS COFFEE/TA

Pristatytos prekės:

Eil. Nr.	Prekės pavadinimas	Kiekis/Mato vnt.	Kaina su PVM	Kaina be PVM	PVM, %	Suma su PVM
1	Mandarinai (3-4 d.), 1 kg	3,178 kg	€1,3900	€1,1488	21,00	€4,42
2	Vynuogės raud. besėkl. (ind.500g), 500 g	1 vnt.	€3,2900	€2,7190	21,00	€3,29
3	Žaliosios besėklės vynuogės, 500 g	1 vnt.	€1,9900	€1,6446	21,00	€1,99
4	Grietinėle PRESIDENT kavai ruošti, 10%rieb. (10 x 10 g), 100 g	2 vnt.	€0,6500	€0,5372	21,00	€1,30
5	Granatų sultys GRANDA, 1 l	1 vnt.	€2,8900	€2,3884	21,00	€2,89
6	Vienkartinis stiklo butelis (depozitinis), 1 vnt.	1 vnt.	€0,1000	€0,1000	0,00	€0,10
7	Malta kava LAVAZZA MOUNTAIN GROWN, 250 g, 250 g	2 vnt.	€5,9900	€4,9504	21,00	€11,98
8	Mokestis už el. prekybos pristatymo paslaugas, 1 vnt.	1 vnt.	€1,9900	€1,6446	21,00	€1,99
9	Mokestis už el. prekybos pakavimo paslaugas, 1 vnt.	1 vnt.	€0,7500	€0,6198	21,00	€0,75
Pritaikytos nuolaidos						
Mandarinai (3-4 d.) 1 kg				-€1,91		

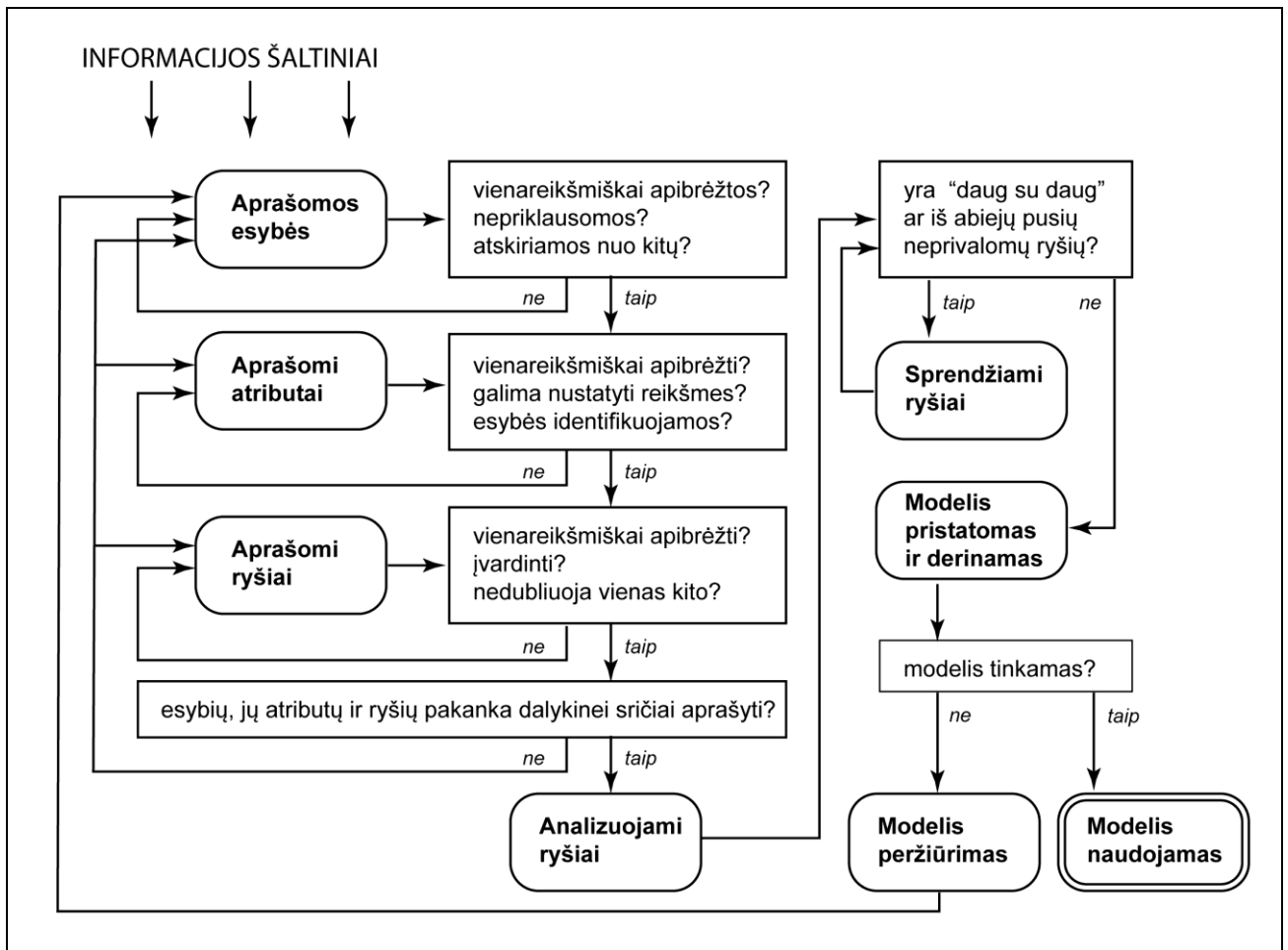


Pabaigus tvarkyti esybių ryšius modelyje, reikia patikrinti:

- ar kiekviena esybė yra susieta bent vienu ryšiu;
- ar visi ryšiai turi prasmingus pavadinimus ir tinkamai atspindi identifikuotas sąsajas;
- ar visiems ryšiams teisingai nurodytas jų privalomumas ir kardinalumas, ar nesupainioti ryšio galai, kuriuose pažymėtos šios savybės;
- ar nėra netinkamų žymėjimų (rodyklių ar pan.);
- ar kiekvieną ryšį galima perskaityti kaip prasmingą sakinį;
- ar nėra perteklinių ryšių;
- ar nėra ryšių „daug su daug“, kuriuos reiktų išskaidyti (jie gali likti pradiniam pristatymui ar svarstymams skirtuose modeliuose);
- ar nėra iš abiejų pusių neprivalomų ryšių, kuriuos reiktų sukonkretinti.

Taip pat svarbu įvertinti bendrą modelio tinkamumą:

- ar nėra likusių dalykinės srities sąvokų, kurios niekaip neatsispindi modelyje;
- ar modelis yra tinkamo detalumo, atsižvelgiant į jo paskirtį;
- ar modelio elementai išdėstyti tvarkingai, ar modelis yra lengvai skaitomas.



32 pav. Konceptinio modelio sudarymo schema

Apibendrinta konceptinio modelio sudarymo schema parodyta 32 pav.

Nepamirškite, kad tą pačią dalykinę sritį esybių ryšių modeliu galima aprašyti ne vieninteliu teisingu būdu. Paprastas būdas patikrinti modelio tinkamumą – įsitikinti, kad jame yra vienintelė ir nekelianti abejonių vieta įrašyti kiekviena svarbiam dalykinės srities faktui.

Esybių ryšių modelį galima panaudoti įvairiai, jo struktūras transformuojant į įvairius loginius modelius. Tas pats esybių ryšių modelis gali būti panaudotas aprašant naudotojo sąsajos objektus (langai, pranešimai, mygtukai ir pan.), sutartinių ženklų sistemą kartografijoje ir kuriant kitokias logines ar programines struktūras. Turbūt svarbiausia iš esybių ryšių modelio taikymo sričių yra reliacinių duomenų bazių projektavimas, kurį aptarsime kitame skyriuje.

### 4.3 Užduotys



Kas yra adresas – esybė ar savybė? O gal ryšys? Aptarkite įvairius atvejus, pateikite pavyzdžių.



Sugalvokite kuo daugiau skirtingų būdų, kaip suteikti apibrėžtumo iš abiejų pusių neprivalomiems ryšiams:

1. „Žmogus gali mesti vieną ar daugiau šešėlių“
2. „Parodos gali turėti lankytojų, kurie yra žmonės“
3. „Žmogus gali turėti augintinį, kuris yra gyvūnas“ / „Gyvūnas gali turėti šeimininką, kuris yra žmogus“

Poromis pasikeiskite sprendimais ir juos įvertinkite. Aptarkite laidas ir neaiškumus. Ištaisykite.



Kokie buvo ankstesnėje užduotyje nagrinėtų ryšių tipai ir kaip jie pasikeitė panaikinus abipusį neprivalomumą? Ar nepadarėte klaidų? Ar nepraradote galimybės kaupti kokią nors informaciją? Kuris sukonkretinimo būdas Jums atrodo tinkamiausias ir kodėl?



Grupėje išbandykite „lapelių ant sienos“ metodą. Surašykite esybes ir jų savybes, taip pat ryšius ant spalvotų lipnių lapelių, skirtingai juos grupuodami raskite geriausią sprendimą sudaryti modeliams.

1. Studentai per sesiją atsiskaito už įvairius dalykus skirtingiems dėstytojams.
2. Parduodant sandėlyje esančias prekes pirkėjams išrašomos sąskaitos faktūros.

Išspręskite modeliuose atsiradusius „daug su daug“ tipo ryšius.



Kiekvienas savarankiškai išplėskite ankstesnėje užduotyje sukurtus modelius.

1. Pridėkite informaciją apie semestro metu vykstančias paskaitas ir baigiamųjų rašto darbų rengimą;
2. Pridėkite informaciją apie taikomas nuolaidas, kurios gali būti įvairių tipų: nuolaida prekei, nuolaida pirkėjui, momentinė nuolaida pirkimui, „laimingos valandos“ nuolaida, nuolaida nuo viso pirkimo sumos.

Palyginkite ir aptarkite rezultatus grupėje, ištaisykite klaidas. Ar pavyks sutarti dėl vieno nepriekaištingo sprendimo?



Sudarykite esybių ryšių modelius aprašančius situacijas

1. Leidykloje leidžiami leidiniai parduodami skirtinguose knygynuose už sutartinę kainą.
2. Iš Vilniaus oro uosto keleiviai be tarpinių nusileidimų skrenda į įvairius miestus skirtingais lėktuvais, pilotuojamais skirtingų lakūnų.
3. Upės gali įtekėti į jūrą, kitą upę arba į vieną iš ežerų, ištekėti iš ežero, pelkės, arba prasidėti šaltiniu.

Išspręskite modeliuose atsiradusius „daug su daug“ tipo ryšius.



Palyginkite sukurtus modelius grupėje, ištaisykite klaidas. Aptarkite, kiek skirtingų sprendimų gavote, kuo įdomus buvo kiekvienas ankstesnėje užduotyje modeliuotas atvejis.



Aprašykite esybių ryšių modeliu genealoginio medžio informaciją

### Pasitikrinkite žinias



Kodėl ryšiai negali būti vaizduojami rodyklėmis?



Pateikite ryšių pavyzdžių, kai žinomas tikslus kardinalumas, didesnis už 1.



Ar ryšio kardinalumas gali būti begalinis?



Pateikite savų pavyzdžių visiems aptartiems ryšių atvejams.



Pagalvokite, kokius žinote ryšius tarp žmonių. Sudarykite jų modelius. Ar galite juos kaip nors sugrupuoti?



Ar ta pati ryšio esybė gali padėti išskaidyti daugiau negu vieną ryšį? Pagrįskite atsakymą arba pateikite pavyzdį.



Ar gali būti atvejis, kai tikslinga skaidyti „vienas su daug“ tipo ryšį?

5.

# ESYBIŲ RYŠIŲ MODELIO NAUDOJIMAS DUOMENŲ BAZEI PROJEKTUOTI

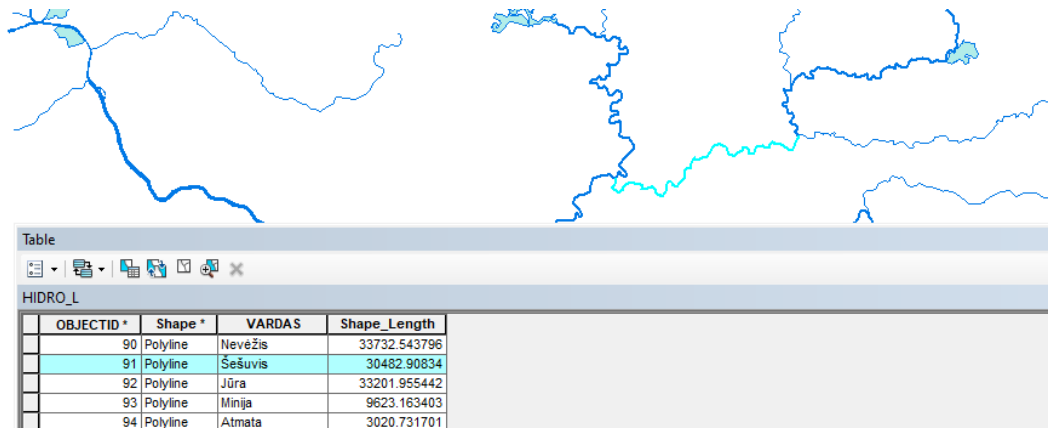
*Tik dirbdamas su duomenimis iki  
galo suprantu, ką norėjau  
pasakyti.*

*Damian Mingle*

## 5.1 Esybių ryšių modelio transformavimas į reliacines struktūras

Reliacinis modelis yra visų šiuolaikinių duomenų bazių valdymo technologijų pagrindas. Tai kelių dešimtmečių mokslinių tyrimų rezultatas, paremtas griežtais matematiniais principais – reliacinės algebros teorija. Jo pagrindinė ypatybė yra tai, kad duomenys pagal šį modelį saugomi lentelių pavidalu ir absoliučiai visi duomenų bazės objektai yra vaizduojami kaip *lentelės*. Iš to išplaukia, kad reliacinėje duomenų bazių sistemoje turi būti dar ir specialios *operacijos* įvairiems veiksams su lentelėmis atlikti.

Ne visus duomenis patogu vaizduoti lentelėmis. Lentelės struktūroje atributas gali turėti vieną reikšmę. Tačiau yra atvejų, kai su ta reikšmė sudėtinė ir gali apimti kintamo dydžio elementų rinkinį. Tokie yra ne tik rastrai, vaizdo įrašai ar dokumentai, bet ir geografiniai duomenys. Taškas turi tik dvi arba tris koordinates, todėl jo taškų padėtį patogu saugoti įprastose lentelėse. Tačiau linija gali būti sudaryta iš labai skirtingo skaičiaus taškų. Upelio ir didelės upės linija, mažo ir didelio ežero perimetrą aprašantys koordinacių rinkiniai yra skirtingo ilgio. Todėl įprasta erdvinius ir atributinius geografinių objektų klasių duomenis saugoti skirtingose struktūrose. Tokia duomenų bazė, kurioje duomenys skirstomi į dviejų skirtingų tipų struktūras, vadinama georeliacine arba mišrios architektūros duomenų baze. Nors tai nėra savarankiškas ar efektyvus duomenų modelis, jis dar naudojamas daugumoje GIS sistemų.

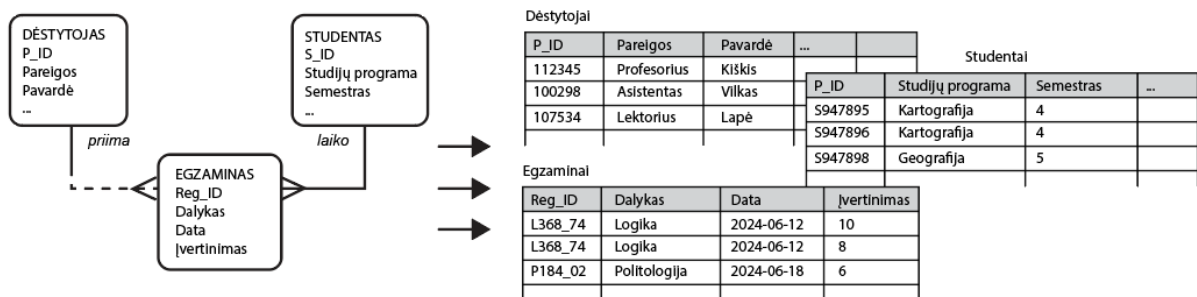


OBJECTID*	Shape*	VARDAS	Shape_Length
90	Polyline	Nevežis	33732.543796
91	Polyline	Šešuvis	30482.90834
92	Polyline	Jūra	33201.955442
93	Polyline	Minija	9623.163403
94	Polyline	Atmata	3020.731701

Nuo to, kiek logiškas, aiškus ir nedviprasmiškas yra koncepcinis modelis, labai priklauso tolesnis duomenų bazės projektavimas ir programavimas. Tvarkingo ir aiškaus esybių ryšių modelio informacija gali būti perkelta į tarpusavyje susietų lentelių struktūras visiškai vienareikšmiškai, laikantis paprastų ir aiškių taisyklių, kurios praktiškai neturi išimčių. Šis procesas gali būti automatizuotas – yra daug programų, kurios nubraižytas koncepcinio modelio diagramas paverčia jį atitinkančia duomenų bazės struktūra. Dar daugiau, teisingas koncepcinis modelis leidžia tikėtis, kad iš jo gauta duomenų bazės struktūra bus efektyvi ir nebereiks papildomo jos tvarkymo. Tai labai retai pasiseka, jei lentelės kuriamos iš karto, praleidžiant ar supaprastinant esybių ryšių modeliavimo etapą.

Reliacinių duomenų bazių sistemų loginiame modelyje esybės vaizduojamos lentelėmis, jų atributai tampa lentelės stulpeliais, o lentelės eilutės aprašo tos esybės egzempliorius, kurie skiriasi vieni nuo kitų savo atributų reikšmių rinkiniais. Ryšiai reliacinėse sistemose suformuojami naudojant esybių atributų reikšmes. Jei visos esybės modelyje yra susietos prasmingais ryšiais, turime pakankamai informacijos duomenų bazei sukurti ir pildyti.

Transformuojant duomenų prasmę ir galima jų interpretacija jau nebėra svarbi, o siekiama sukurti optimalią duomenų struktūrą, kad būtų galima lengvai rasti norimus faktus, juos tarpusavyje susieti, be to, ir aptikti galimas klaidas, kurių neįmanoma išvengti įvedant duomenis rankiniu būdu. Pavyzdžiui, 33 pav. pavaizduotas esybių ryšių modelis gali būti transformuotas į lentelių duomenų bazės struktūrą sukuriant tris lenteles, kuriose aprašyti studentai, dėstytojai, egzaminai ir du juos jungiantys ryšiai.



33 pav. Esybių ir atributų perkėlimas į loginį lentelių modelį.



Esybių ryšių modelio transformavimo į reliacinį schema visada yra ta pati.

1. Kiekvienai modelio esybei sukuriama lentelė. Lentelė pavadinama esybės vardu, tik daugiskaita – nes lentelė yra jau ne abstraktus modelis, o struktūra, skirta saugoti aibeį įrašų.
2. Kiekvienam esybės atributui sukuriamas jo vardu pavadintas stulpelis esybės lentelėje. Stulpelių tvarka lentelėje, kaip ir esybės atributų sąraše, nėra svarbi.
3. Lentelės eilutė yra skirta aprašyti atitinkamos esybės egzemplioriui, t. y., įvesti jo atributų reikšmėms.

Reliaciniame modelyje nenaudojama ryšio sąvoka. Kiekvienas ryšys, kurį esybių ryšių modelyje vaizduoja linija, turi padėti susieti jau ne abstrakčias esybes, o egzempliorius, apie kuriuos saugomi įrašai lentelėse. Tą padeda įgyvendinti duomenų bazės pirminiai ir išoriniai raktai.



**Pirminis raktas** (angl. *primary key*) – lentelės stulpelis, kuriame esančios reikšmės unikalios identifikuoja kiekvieną esybės egzempliorių.

**Išorinis raktas** (angl. *foreign key*) – lentelės stulpelis, kuriame kiekviena reikšmė sutampa su kitos esybės lentelėje esančia pirminio rakto reikšme.

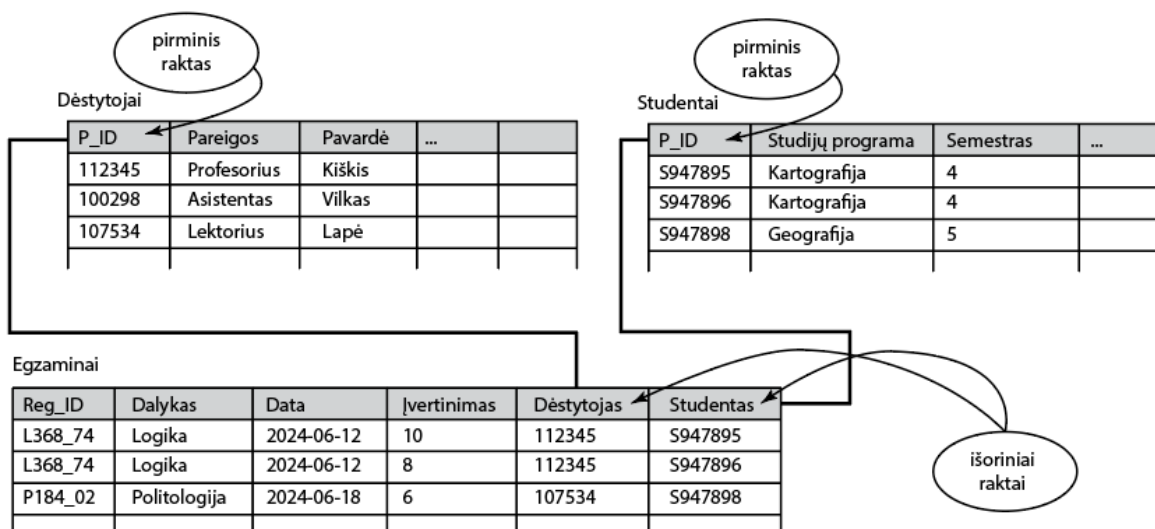
Ryšį reliaciniame modelyje atitinka pora „išorinis raktas – pirminis raktas“ (34 pav.).



Kiekvienoje lentelėje pirminis raktas jau yra, nes esybė privalo turėti unikalų identifikatorių. Pirminis raktas lentelėje gali būti tik vienas. Jei yra keli unikalūs identifikatoriai, pirminiu raktu parenkamas vienas iš jų, tas, kurį patogiausia naudoti.

Išorinių raktų esybių ryšių modelyje nėra. Tai atributai, specialiai sukuriami susietoje lentelėje tam, kad juose būtų galima įrašyti kitame gale esančios esybės egzemplioriaus pirminio rakto reikšmę. Kuriant išorinį raktą, į lentelę galima tiesiog nukopijuoti susietos esybės atributo stulpelį, žinoma, be reikšmių.

Lentelės eilutėje įrašant išorinio rakto reikšmę, išsaugomas faktas, kad esybės egzempliorius yra susietas su vieninteliu kitos esybės egzemplioriumi, kuris identifikuojamas pagal pirminio rakto reikšmę jo lentelėje.



**34 pav.** Ryšiai, pavaizduoti reliaciniame modelyje.

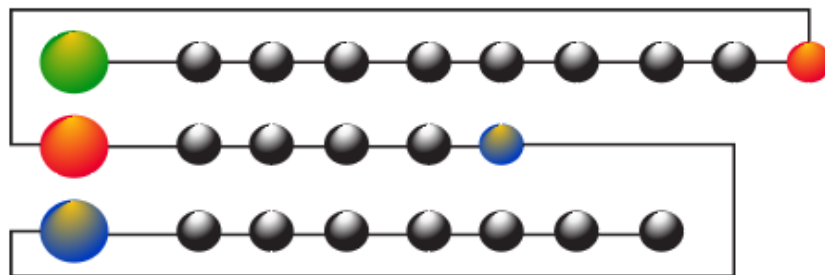
Svarbiausias klausimas yra, kurioje iš dviejų ryšiu susietų esybių lentelėje turi būti išorinis raktas. Pasirinkti paprasta, kai vaizduojamas „vienas su daug“ tipo ryšys. Išorinis raktas gali

būti tik toje lentelėje, kurioje yra ryšio gale „daug“. Ryšys „vienas su daug“ reiškia, kad pirminio rakto reikšmė, kuri yra unikali, galės kartotis kaip išorinio rakto reikšmė skirtingose susietos lentelės eilutėse.

Ryšys „vienas su vienu“ techniškai leidžia pasirinkti bet kurią iš susietų lentelių. Jei ryšys nesimetriškas, t. y., vienoje pusėje neprivalomas, išorinis raktas paprastai pridedamas toje lentelėje, kuri yra neprivalomame ryšio gale. Jei ryšys simetriškas, skirtumo praktiškai nėra, bet kartais galima įvertinti, kuri esybė yra svarbesnė modeliujamos dalykinės srities požiūriu. Išorinis raktas paprastai pridedamas svarbesnės esybės lentelėje.

Išorinio rakto stulpelyje gali ir nebūti reikšmės. Taip yra tais atvejais, kai esybių ryšių modelyje ryšys neprivalomas, t. y., gali nebūti susietos esybės egzemplioriaus. Iš tiesų, neapibrėžtos reikšmės pasitaiko dažnai, pavyzdžiui, iki egzamino įvertinimas yra nežinomas, renginio data dar nepaskelbta, kontaktinis telefonas nenurodytas ir pan. Pirminio rakto stulpelyje negali nebūti neįrašytų reikšmių, nes jos reikštų, kad toje eilutėje aprašyto esybės egzemplioriaus negalėsime identifikuoti.

Gali pasirodyti keista, kad reliacinis modelis yra ne apie ryšius – juk net jo pavadinimas (angl. *relational*) asocijuojasi su ryšiu (angl. *relationship*). Tačiau iš tiesų tai yra santykių (angl. *relation*) modelis. Santykis – tai matematinis terminas, kuris reiškia tam tikro tipo aibę.



Pratęsimė esybių ryšių modelio transformavimo į reliacinį modelį žingsnių seką.

4. Kiekvienam ryšiui nustatoma, kurioje lentelėje bus išorinis raktas.
5. Susietoje lentelėje sukuriamas papildomas stulpelis, kurio reikšmės turi būti iš to paties domeno, kaip ir pirminės lentelės pirminio rakto reikšmės.
6. Patikrinama, ar visos esybės, jų atributai ir ryšiai yra atvaizduoti.

Pildant lenteles svarbu nepamiršti pirminių ir išorinių raktų ypatumų, nors jie gali atrodyti akivaizdūs.

- Kiekviena išorinio rakto atributo reikšmė turi atitikti pirminio rakto reikšmę. Atvirkštinis reikalavimas negalioja: pirminis raktas, susietas su kuriuo nors išoriniu raktu, gali turėti reikšmių, kurių neatitinka jokia išorinio rakto reikšmė. Tai atitinka realią situaciją, pavyzdžiui, valstybės sostinė būtinai yra miestas, tačiau gali egzistuoti miestas, kuris nėra jokios valstybės sostinė.
- Išoriniam raktui nėra reikalaujama, kad jis būtų pirminis raktas savo lentelėje, nors gali toks ir būti.
- Paprastas skirtingų lentelių kurių nors atributų reikšmių sutapimas dar nereiškia, kad tos lentelės yra tarpusavyje susietos ar kad atitinkami atributai privalo tapti raktais.

## 5.2 Esybių ryšių modelio atkūrimas apgražos būdu

Kaip matėme, esybių ryšių modelį galima vienareikšmiškai transformuoti į reliacinį modelį. Tai reiškia, kad galimas ir atvirkštinis procesas – turint lentelių struktūrą atkurti esybių ryšių modelį.

1. Kiekviena lentelė paverčiama esybe.
2. Kiekvienos lentelės stulpelių pavadinimai tampa atitinkamos esybės atributais.
3. Kiekvienas išorinis raktas pavaizduojamas ryšiu tarp esybių. Dažnai šią užduotį palengvina galimybė pamatyti duomenų bazės schemą, kurioje ryšiai “išorinis raktas → pirminis raktas” vaizduojami grafiškai.
4. Ryšiams suteikiami prasmingi pavadinimai. Tai ne visada lengva, nes duomenų lentelėse informacijos apie ryšio prasmę nebūna. Kartais, kad suprastume ryšius, tenka pasigilinti ir į lentelėse sukauptų duomenų pobūdį.
5. Patikrinamos taisyklingo esybių ryšių modelio sąlygos.

Reikia pastebėti, kad turimas lentelių rinkinys ne visada yra nepriekaištingai vientisas. Tai reiškia, apgražos būdu sudarytas esybių ryšių modelis gali būti netaisyklingas. Bet būtent taip galima pastebėti ir ištaisyti duomenų bazės projektavimo klaidas.



Kalbant apie esybių ryšių modelį ir jo pagrindu sukurtą reliacinę duomenų bazę svarbu nepainioti juose naudojamų sąvokų ir žymėjimų. Reliacinis modelis yra kur kas konkretnesnis ir leidžia saugoti nepalyginamai daugiau informacijos.

- Esybių ryšių modelyje neaprašomi esybės egzemplioriai. Esybė, kaip abstraktus modelis, apima juos visus. Reliaciniame modelyje esybės egzemplioriai aprašomi lentelės eilutėse.
- Esybių ryšių modelyje nenurodomi išoriniai raktai. Nereikia jų iš anksto numatyti ir įtraukti į esybės atributų sąrašą.
- Esybių ryšių modelyje ryšiai sieja lenteles. Reliaciniame modelyje pridėjus išorinį raktą susiejami atitinkamų lentelių atributai.
- Esybių ryšių modelyje ryšiai neturi krypties ir turi pavadinimus. Reliaciniame modelyje sąsaja “išorinis raktas → pirminis raktas” turi kryptį, bet su šia sąsaja nėra tiesiogiai saugoma informacija apie jos prasmę (ryšio pavadinimą).
- Esybių ryšių modelyje nebūtina nurodyti atributų reikšmių tipų. Reliaciniame modelyje tipai (domenai) yra privalomi.

### 5.3 Užduotys



Vieną iš savarankiškai sudarytų esybių ryšių modelių atvaizduokite lentelėmis duomenų bazėje, sukurkite ryšius, įveskite duomenis. Įsitikinkite, kad ryšiai buvo suprojektuoti teisingai. Nurodykite atributų tipus, sukurkite reikiamus jų įvedimo šablonus ir patvirtinimo taisykles.



Pavaizduokite lentelėmis ankstesnės užduoties (Upės gali įtekėti į jūrą, kitą upę arba į vieną iš ežerų, ištekėti iš ežero, pelkės, arba prasidėti šaltiniu). esybių ryšių sprendimus. Įveskite į lenteles duomenų. Aptarkite gautų duomenų struktūrų trūkumus.



Pasirinkite geografinių duomenų bazę. Apgrąžos būdu sudarykite jos esybių ryšių modelį ir patikrinkite, ar jis taisyklingas. Jei pastebėjote klaidų, jas pataisykite. Kaip šie pataisymai turėtų atsispindėti duomenų bazėje?

#### Pasitikrinkite žinias



Ar sugebėtumėte į duomenų bazės lenteles perkelti 18–23 pav. pavauzduotus esybių ryšių modelius?



Ar reliaciniame modelyje gali būti daugiau lentelių, negu yra esybių ryšių modelyje?



Kodėl modeliuojant ryšį „vienas su vienu“ išorinis raktas paprastai pridedamas toje lentelėje, kuri yra neprivalomame ryšio gale?



Pakomentuokite, kaip reliaciniame modelyje atsispindi esybių ryšių modelio ryšio neprivalomumas.



Ar reliaciniame modelyje visada bus lygiai tiek pat išorinių raktų stulpelių, kiek yra ryšių esybių ryšių modelyje?

6.

## ESYBIŲ RYŠIŲ MODELIO ŽYMĖJIMŲ SISTEMOS

*Kodėl matematikai painioja  
Heloviną ir Kalėdas?  
– Nes  $OCT\ 31 = DEC\ 25$ .*

*Nežinomos kilmės anekdotas*

## 6.1 Bendros pastabos

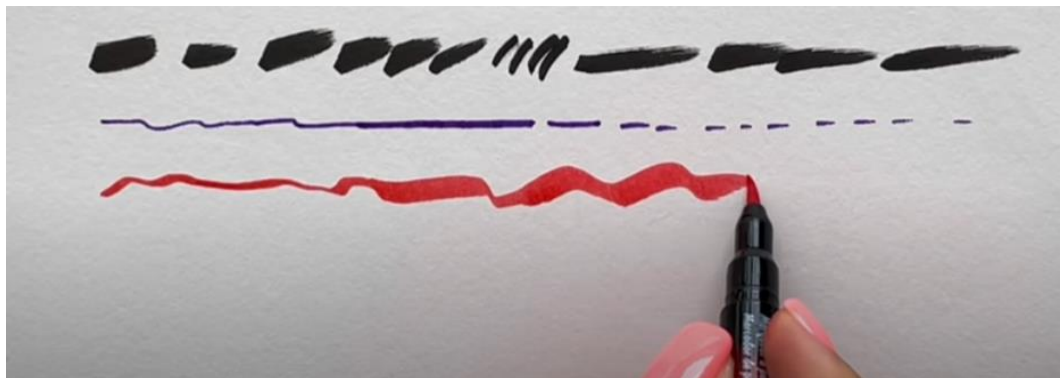
Nors esybių ryšių modelio elementai yra tie patys, naudojama ne viena jų žymėjimo sistema (notacija). Esybės paprastai vaizduojamos stačiakampiais, kuriuose užrašytas esybės vardas, o atributai – atskirais ovalais arba surašomi esybių stačiakampiuose. Ryšiai gali būti vaizduojami paprastomis linijomis arba rombais, skiriasi ryšių privalomumo ir kardinalumo žymėjimas. Taip pat gali būti skirtingai žymimi specifiniai ryšiai – agregavimo, klasifikavimo, unikalaus identifikatoriaus ir kt.

**Notacija** – kurios nors srities sutartinių žymėjimų (simbolių, santrumpų ir pan.) sistema.

Nėra labai svarbu, kokia konkreti sistema naudojama, bet reikia mokėti perskaityti ja sukurtus modelius, o sudarant modelius nuosekliai taikyti pasirinktą sistemą. Yra kelios žymėjimų sistemos, patogios skaityti žmogui, kurios naudojamos dažniau, negu kitos:

1. Čeno notacija, <https://vertabelo.com/blog/chen-erd-notation/>;
2. Barkerio notacija, <https://vertabelo.com/blog/barkers-erd-notation/>;
3. „Varnos kojelių“ diagramos (Crow’s foot notation, <https://www.gleek.io/blog/crows-foot-notation>).
4. UML klasių diagramų notacija.

Braižymas ar rašymas ranka ant popieriaus padeda geriau susikaupti ir nuosekliau mąstyti. Yra tyrimų, rodančių kad rašant ranka smegenys veikia kitaip nei spausdinant, o tai gali turėti įtakos kognityviniams procesams. Informacija geriau įsimenama, didėja kūrybiškumas, greičiau daromos išvalgos. Visi šie dalykai labai padeda modeliuojant. Be to, ranka pataisyti ar perbraižyti modelį yra kur kas paprasčiau, negu skaitmeninį.



Visa esybių ryšių modelio informacija turi būti pavaizduota pasirinktoje žymėjimų sistemoje numatytais elementais. Tačiau nėra draudžiama naudoti grafinius akcentus, padedančius greičiau suprasti modelį, suvokti prioritetus. Taip pat įprasta pateikti reikšmių klasifikatorius, terminų žodynėlį ir kitą papildomą informaciją, kuri gali būti labai įvairi priklausomai nuo modelio paskirties ir naudojimo tikslo.

Esybių ryšių modelį paprastai perbraižome ne vieną kartą. Todėl jį patogiau braižyti ranka ant popieriaus ar lentos, taip, kad būtų paprasta taisyti. Kai jau aišku, koks jis turės būti, galima naudoti įvairias diagramų braižymui skirtas programas.



## 6.2 Čeno notacija

Pirmąją esybių ryšių modelio notaciją pasiūlė esybių ryšių modeliavimo pradininkas P. Čenas (Peter Chen) 1976 metais. Čeno notacija yra ne tokia kompaktiška kaip vėlesnės, bet teikia papildomų galimybių, todėl naudojama ir dabar.

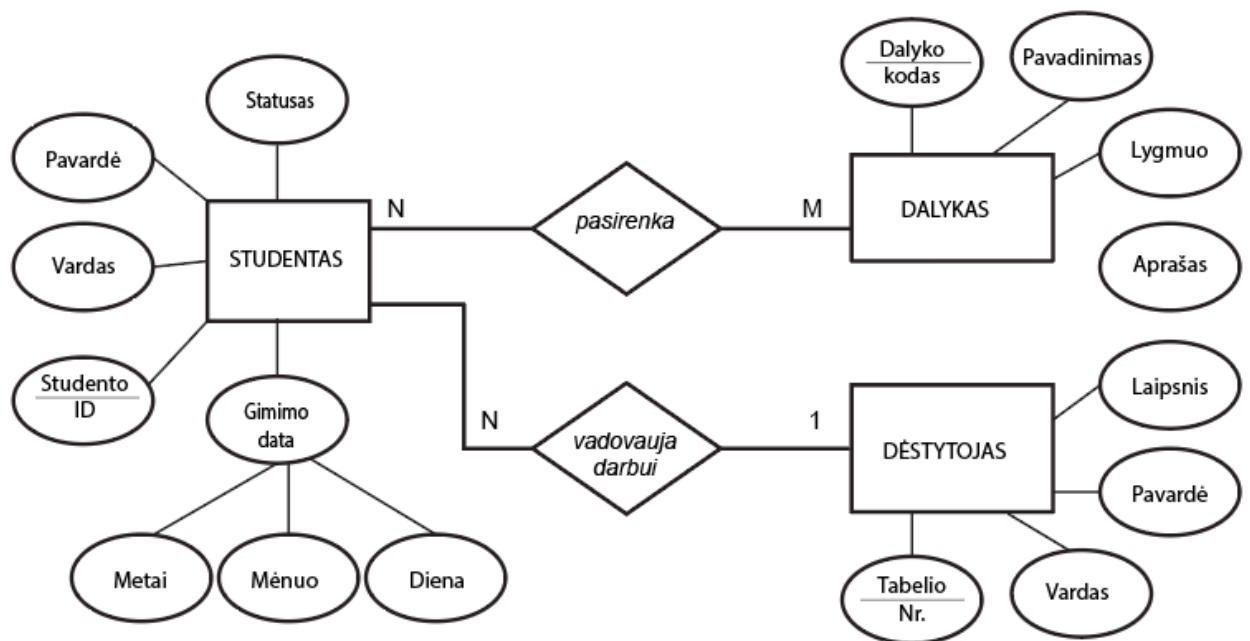
Esybės yra žymimos stačiakampiais. Bet yra žymėjimai atskiriems esybių atvejams:

- silpnosios esybės, t.y., tokios, kurios negali būti identifikuotos vien pagal jų atributų reikšmes, žymimos stačiakampiu kito stačiakampio viduje (stačiakampiu su dvigubu kontūru). Pavyzdžiui, tokia esybė yra knygos skyrius, kuris negali egzistuoti be esybės „Knyga“;
- ryšio esybės, atitinkančios ryšį „daug su daug“, vaizduojamos rombu stačiakampio viduje.

Atributai žymimi ovalais, kuriuose rašomi jų vardai. Atributų ovalai linijomis sujungiami su esybės stačiakampiu. Atributų, kurie yra raktai<sup>3</sup>, vardai pabraukiami ištisine linija. Atributų, kurie yra raktų dalys, vardai pabraukiami punktyrine linija.

Yra žymėjimai specifiniams atributams:

- atributai, kurie gali turėti daugiau kaip vieną reikšmę, žymimi dvigubo kontūro ovalu;
- išvestiniai atributai, t. y., atributai, kurių reikšmės gali būti apskaičiuotos iš kitų atributų reikšmių, žymimos ovalu su punktyriniu kontūru;
- sudėtiniai atributai žymimi hierarchiškai prijungiant komponentų ovalus prie sudėtinio atributo ovalo.



35 pav. Studijų esybių ryšių modelio elementai, pateikti naudojant Čeno notaciją

<sup>3</sup> Raktas duomenų bazėse – atributas ar jų derinys, kurio reikšmės leidžia vienareikšmiškai identifikuoti esybės egzempliorių.

Ryšiai žymimi rombais, kuriuose rašomi jų vardai. Silpnasis (identifikuojantis) ryšys žymimas rombu su dvigubu kontūru. Pavyzdžiui, toks ryšys yra kompozicinis ryšys tarp knygos ir knygos skyrius.

Rombas linijomis sujungiamas su esybių, kurias ryšys sieja, stačiakampiais.

Ryšio privalomumas ir kardinalumas nurodomas linijai kiekvienoje pusėje:

- a) privalomas ryšys žymimas ištisine linija,
- b) neprivalomas ryšys žymimas punktyrine linija,
- c) ryšio kardinalumas užrašomas simboliu: „vienas“ – „1“; „daug“ – „N“; kai yra ryšys „daug su daug“ – N ir M.

Be to, modelis leidžia pažymėti ryšio *visuotinumą*, t. y., kad sujungtos esybės kiekvienas egzempliorius yra susietas tuo ryšiu. Visuotinio ryšio linija yra dviguba.

### 6.3 Barkerio notacija

Esybės yra žymimos stačiakampiais suapvalintais kampais. Subtipų stačiakampiai vaizduojami supertipo stačiakampio viduje.

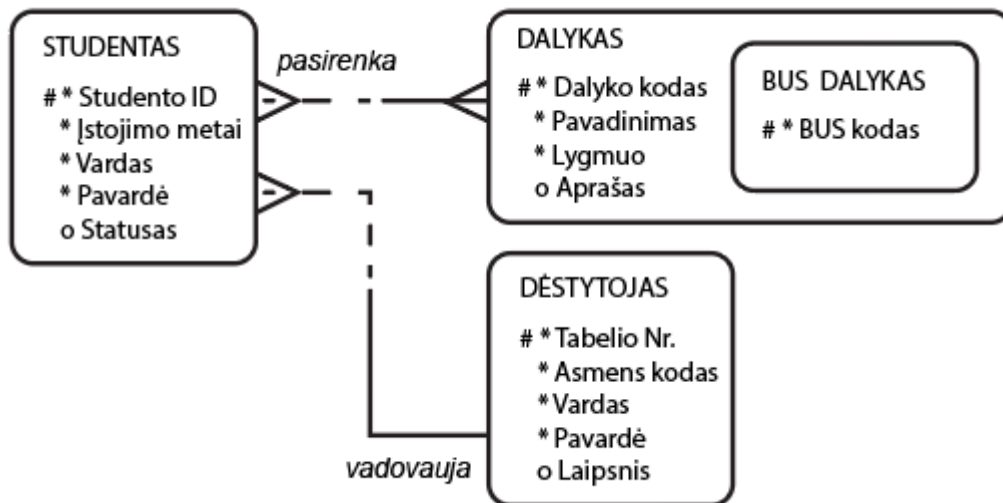
Atributai rašomi sąrašė esybės stačiakampyje, nurodant atributo tipą:

- unikalus identifikatorius, žymimas grotelėmis (angl. *hashtag*, #),
- kitas privalomas atributas, žymimas žvaigždute (angl. *asterisk*, \*),
- neprivalomas atributas, žymimas O raide arba tuščiaviduriu skrituliuku (o).

Ryšiai žymimi linijomis.

- privalomas ryšys žymimas ištisine linija,
- neprivalomas ryšys žymimas punktyrine linija.

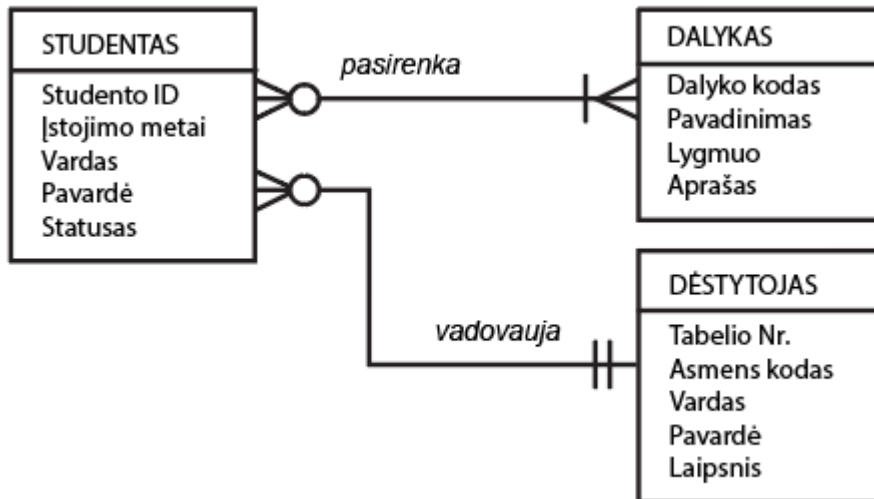
Ryšio kardinalumas „daug“ žymimas šakute atitinkamame linijos gale.



36 pav. Studijų esybių ryšių modelis užrašytas Barkerio notacija

## 6.4 „Varnos kojelių“ diagramos

Ši žymėjimo sistema yra panaši ir į Barkerio, ir į Čeno sistemas. Esybės žymimos stačiakampiais, atributai rašomi sąrašu stačiakampių viduje. Kartais prieš atributą nurodomas jo reikšmių tipas.



**37 pav.** Studijų esybių ryšių modelis užrašytas „varnos kojelių“ notacija

Ryšiai taip pat žymimi linijomis, „daug“ žymimas šakute atitinkamame linijos gale. Nėra atskiro privalomumo žymėjimo. Žymimas tik ryšio kardinalumas:

- „nė vieno, vienas arba daug“ žymima burbuliuku prieš šakutę;
- „nė vieno arba vienas“ (neprivalomas ryšys) žymima vertikaliu brūkšneliu prieš burbuliuką;
- „vienas arba daug“ žymima vertikaliu brūkšneliu prieš šakutę;
- „vienas ir tik vienas“ žymima dviem vertikaliais brūkšneliais linijos gale;

## 6.5 UML klasių diagramos

Plačiai naudojama koncepcinio modeliavimo kalba **UML** (angl. *Unified Modeling Language*) – vieninga modeliavimo kalba. Ši standartizuota „kalba“ apima įvairių tipų diagramas, skirtas duomenų bazių, programų sistemų struktūros, elgsenos ir komponentų sąveikos aprašymui.

Vieninga modeliavimo kalba pradėta kurti 1994–1995 metais, siekiant suvienodinti žymėjimus, kurie naudoti vis daugėjant kompiuterizuotų sistemų ir programinės įrangos. Įvairios tuo metu kuriamos modeliavimo kalbos savaimė darėsi vis panašesnės viena į kitą. Kompanija *Rational Software* pasinaudojo galimybe perimti ankstesnių modeliavimo kalbų patirtį ir pabandyti išspręsti likusias problemas, sujungti skirtingų modeliavimo kalbų metodus į gerai išplėtotą sistemą, ir pasiekti jos masinio naudojimo įvairiuose projektuose.

Unifikavimo tikslai ir reikalavimai modeliavimo kalbai buvo apibrėžti taip:

1. modeliuoti sistemas nuo idėjos iki galutinio (veikiančio) produkto;
2. tinkamai vystyti sudėtingas, tikslų požiūriu kritiškai svarbias sistemas;
3. sukurti modeliavimo kalbą, tinkamą ir žmogui, ir kompiuteriui.

Pagrindinis iššūkis kuriant UML buvo rasti pusiausvyrą tarp pageidaujamo paprastumo ir pakankamų išraiškos galimybių. Pirmasis UML kalbos variantas parengtas 1995 m. spalį. 1996 m. sukurtas UML konsorciumas iš keleto organizacijų (tarp jų *Hewlett-Packard*, *IBM*, *Microsoft*, *Oracle*, *Rational*), pasiryžusių investuoti į išsamios ir efektyvios modeliavimo kalbos sukūrimą.

1997 metais *OMG* (angl. *Object Management Group*) grupė pasiūlė standartizuoti UML kalbos pirmąją versiją ir toliau ją palaikė. Po daugelio taisyčių 2005 m. buvo patvirtinta UML 2.0 versija, kurią paskelbė tarptautinė standartizacijos organizacija ISO. Nuo tada standartas yra reguliariai atnaujinamas. UML specifikacijos dokumentai skelbiami *OMG* Interneto svetainėje [www.omg.org](http://www.omg.org).

UML diagramos teikia daugiau galimybių, bet taip pat apima esybių ryšių diagramų elementus.

Esybės, UML vadinamos klasėmis, yra žymimos stačiakampiais. Atributai rašomi sąrašo esybės stačiakampyje, po vardo po dvitaškio nurodant atributo tipą.

Ryšiai, UML vadinami *asociacijomis*, taip pat žymimi esybių stačiakampius jungiančiomis linijomis: privalomas ryšys ištisine linija, neprivalomas ryšys – punktyrine linija. Ryšio kardinalumas užrašomas intervalais atitinkamame linijos gale

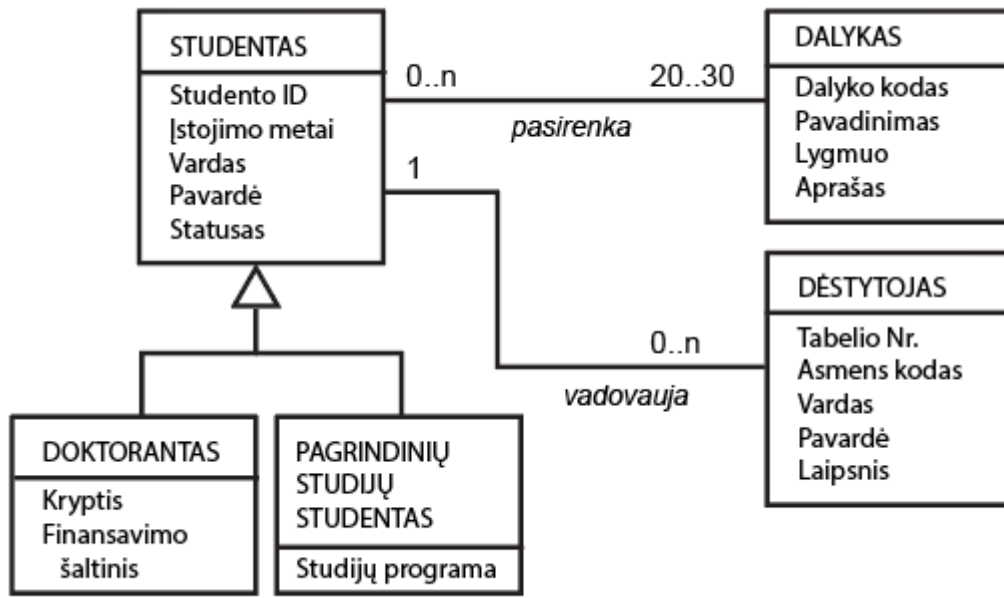
- a) „nė vieno, vienas arba daug“ žymima „0..\*“;
- b) „nė vieno arba vienas“ (neprivalomas ryšys) žymima „0..1“;
- c) „vienas arba daug“ žymima „1..\*“;
- d) „vienas ir tik vienas“ žymimas „1“;
- e) žinant kardinalumo intervalą, užrašomi konkretūs skaičiai, pavyzdžiui „1..7“ arba „3..\*“.

Yra specialūs žymėjimai specifiniams dažnai pasitaikantiems ryšiams:

- a) generalizavimo ryšys žymimas baltu trikampėliu (rodykle, nukreipta į superklasę);
- b) agregavimo ryšys „A sudarytas iš B“ žymimas baltu rombu sudėtinio objekto pusėje;

- c) kompozicinis (neatskiriamas agregavimo) ryšys „A sudarytas iš B“ žymimas juodu rombu sudėtinio objekto pusėje.

Dar vienas UML sąsajos tipas – priklausomumas (angl. *dependency*) vaizduojamas punktyrine linija su rodykle iš priklausomos klasės į savarankišką klasę, kurios semantikai pasikeitus, gali pasikeisti susietos klasės semantika. Yra žymėjimai specifiniams priklausomumo atvejams, pavyzdžiui, realizacija, išplėtimas ir kt.



**38 pav.** Studijų esybių ryšių modelis užrašytas UML notacija

UML yra numatytos ir ryšio klasės, kurios vaizduoja ryšį „daug su daug“ ir turi nuosavų atributų.

# LITERATŪRA

## Rekomenduojama papildoma studijų literatūra

Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I. 1999. The unified modeling language user guide. Addison-Wesley Longman Inc.

Thalheim B. 2000. Entity-Relationship Modeling: Foundations of Database Technology 2000th Edition. Springer.

## Iliustracijų šaltiniai

Pastraipų vaizdūs žymėjimai visame tekste – *Flaticon*, <https://www.flaticon.com/>, 2024

15 p. *Evolena–Zermatt–Monte Rosa* žemėlapis fragmentas,

<http://www.reliefshading.com/examples/zermatt/>.

20 p. *Game of Life*, <https://playgameoflife.com/>.

25 p. Carnegie Mellon University, <https://www.cylab.cmu.edu/>.

27 p. Straipsnis *Region Anomaly Detection via Spatial and Semantic Attributed Graph in Human Monitoring*, DOI: 10.3390/s23031307.

32 p. *Accurate age estimation in small-scale societies*, <https://www.ucl.ac.uk/human-evolution/news/2017/jul/accurate-age-estimation-small-scale-societies>.