

0619 ინფორმაციისა და კომუნიკაციის ტექნოლოგიები  
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ICTS)

რელაციურ მონაცემთა ბაზებში არსებს შორის მაღალი რიგის დამოკიდებულებების  
გამოყენების ზოგიერთი საკითხი

ქეთევან ჭელიძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

E-mail: ketevan.chelidze@atsu.edu.ge

E-mail: ketiche@gmail.com

რეზიუმე

მონაცემთა ბაზის მოდელირება იწყება მონაცემთა კონცეპტუალური მოდელის აგებით, რომელიც წარმოადგენს ობიექტის საგნობრივი არის აბსტრაქტულ მოდელს. მონაცემთა ლოგიკურ მოდელში ხდება კონცეპტუალური მოდელის არსების დაზუსტება. ლოგიკური მოდელის ნორმალიზაციის პროცესი ამცირებს მონაცემთა სიჭარბესა და უზრუნველყოფს მონაცემთა მთლიანობას. ფიზიკურ მოდელში ხდება ლოგიკური მოდელის გარდაქმნა კონკრეტული მონაცემთა ბაზების სისტემისათვის, სადაც გათვალისწინებულია მონაცემთა შენახვის მექანიზმები. მონაცემთა ბაზის მოდელი ასახავს საგნობრივი არის ობიექტებს (არსები) და მათ შორის მიმდინარე პროცესებს. იმისდა მიხედვით, თუ საგნობრივი არის რამდენი არსი მონაწილეობს მათ დამოკიდებულებაში, განიხილავენ: უნარულ, ბინარულ, ტერნარულ და მაღალი რიგის დამოკიდებულებებს. ტერნარული და მაღალი რიგის დამოკიდებულებები ართულებს მონაცემთა ბაზის სქემას, იწვევს მონაცემთა სიჭარბესა და საჭიროებს უფრო რთული მოთხოვნების შექმნას. არსების ეგზემპლარებს შორის არსებობს: 1:1, 1:N, N:M კავშირი. მონაცემთა ბაზის რელაციურ მოდელში დასაშვებია 1:1 ან/და 1:N ბინარული დამოკიდებულებები, ამიტომ, მაღალი რიგის დამოკიდებულებები უნდა დავიყვანოთ ბინარულ დამოკიდებულებებთან ისე, რომ არ მოხდეს მონაცემთა დაკარგვა ან/და არარსებული ჩანაწერების შექმნა. ტერნარული და მაღალი რიგის დამოკიდებულებები იშვიათია, მაგრამ მათი განხილვა საშუალებას გვაძლევს ავაგოთ მონაცემთა ბაზის სრულყოფილი მოდელი. სტატიაში განხილულია მესამე რიგის დამოკიდებულების მაგალითი და მისი გარდაქმნის პროცესი ბინარულ დამოკიდებულებების ერთობლიობად.

**საკვანძო სიტყვები:** რელაციური მონაცემთა ბაზა, კონცეპტუალური მოდელი, ლოგიკური მოდელი, არსი, დამოკიდებულება, ER-დიაგრამა, ტერნარული დამოკიდებულება.

შესავალი

თანამედროვე საინფორმაციო სისტემებში მონაცემთა ეფექტიანი ორგანიზება და მართვა კრიტიკულად მნიშვნელოვანია. მონაცემთა ბაზების მოდელირება წარმოადგენს იმ საფუძველს, რომელზეც აგებულია მონაცემთა შენახვის, დამუშავებისა და გამოყენების პროცესები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია რელაციური მონაცემთა ბაზების სწორად დაგეგმვა, რათა უზრუნველყოფილი იყოს მონაცემთა მთლიანობა, არარედუნდანტობა და მოქნილი დამუშავება.

მონაცემთა ბაზის დიზაინი იწყება კონცეპტუალური მოდელის შექმნით, რომელიც ასახავს საგნობრივ არეს აბსტრაქტულ დონეზე. შემდგომ ეტაპებზე ხდება მისი ტრანსფორმაცია ლოგიკურ და ფიზიკურ მოდელებად. ამ პროცესში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს არსებს შორის დამოკიდებულებების სწორად განსაზღვრა.

განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ტერნარული და მაღალი რიგის დამოკიდებულებები, რომლებიც, მიუხედავად იმისა, რომ შედარებით იშვიათად გამოიყენება, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის სირთულეზე და მოთხოვნების დამუშავებაზე. აღნიშნული ნაშრომის მიზანია ტერნარული და მაღალი რიგის დამოკიდებულებების თავისებურებების განხილვა და მათი რელაციურ მოდელში ბინარულ დამოკიდებულებებად გარდაქმნის თავისებურებების ანალიზი.

ძირითადი ნაწილი

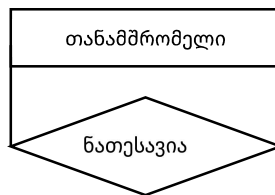
რელაციური მონაცემთა ბაზის მოდელის აგება იწყება კონცეპტუალური მოდელის აგებით, რომელიც წარმოადგენს მონაცემთა მაღალი დონის აბსტრაქტულ მოდელსა და ასახავს საგნობრივ არეში არსებულ ობიექტებსა (არსები) და მათ შორის მიმდინარე პროცესებს. ის ინტუიციურად გასაგებია მომხმარებლისათვის. არსი არის საგნობრივი არის რეალური ან წარმოსახვითი საგანი (ობიექტი). არსის კონკრეტული წარმომადგენელი კი მისი ეგზემპლარი (ობიექტი). კონცეპტუალური მოდელისათვის იგება „არსი და კავშირის“ (Entity-Relation (ER)) დიაგრამა, სადაც არსი გამოსახულია მართკუთხედის სახით,

რომელშიც მოთავსებულია მისი სახელი (არსებითი სახელი მხოლოდით რიცხვში), ხოლო არსთა შორის რაიმე ასოციაცია (კავშირი, დამოკიდებულება) კი რომის სახით, რომელშიც იწერება მისი დასახელება (ზმნა). არსებს აქვთ ატრიბუტები. ატრიბუტ(ებ)ი ასევე შეიძლება ჰქონდეს კავშირსაც, რომელიც უნდა გადავიტანოთ რომელიმე არსის ატრიბუტ(ებ)ად. ატრიბუტების სახელები ER-დიაგრამაზე იწერება ელიფსებში, რომლებიც დაკავშირებულია არსებთან. გასაღები ატრიბუტ(ებ)ის მნიშვნელობები უნიკალურია და სახელ(ებ)ი ხაზგასმულია.

მონაცემთა ლოგიკურ მოდელში ხდება კონცეპტუალური მოდელის არსების დაზუსტება, თუ საჭიროა, ახალი არსებისა და დამოკიდებულებების დამატება, მათი ატრიბუტების დაზუსტება, მონაცემთა ტიპებისა და გასაღებების განსაზღვრა. მონაცემთა ბაზის ლოგიკური მოდელი დამოუკიდებელია კონკრეტული მონაცემთა ბაზის სისტემისაგან. ლოგიკური მოდელის ნორმალიზაციის პროცესი ამცირებს მონაცემთა სიჭარბესა და უზრუნველყოფს მათ მთლიანობას. მონაცემთა ბაზის რელაციურ მოდელში არსების შესაბამისი მათემატიკური ცნებაა – თანადობა.

კონკრეტული მონაცემთა ბაზების სისტემისათვის იქმნება მონაცემთა ლოგიკური მოდელის შესაბამისი ფიზიკური მოდელი, სადაც გათვალისწინებულია მონაცემთა შენახვის მექანიზმები, შექმნილია ცხრილები, განსაზღვრულია: მონაცემთა ტიპები, პირველადი და გარე გასაღებები, ინდექსები, მთლიანობის შეზღუდვები და სხვ.

იმისდა მიხედვით, თუ რამდენი არსი მონაწილეობს მათ ასოციაციაში, განიხილავენ არსთა შორის დამოკიდებულების ოთხი სახის ხარისხს. უნარულ (რეკურსიულ) დამოკიდებულებაში მონაწილეობს მხოლოდ ერთი არსი. მაგ., ორი თანამშრომელი შეიძლება იყოს ერთმანეთის ნათესავი (შვილი, მეუღლე), რაც ნიშნავს, რომ არსი „**თანამშრომელი**“ თავის თავზეა დამოკიდებული (სურ. 1).



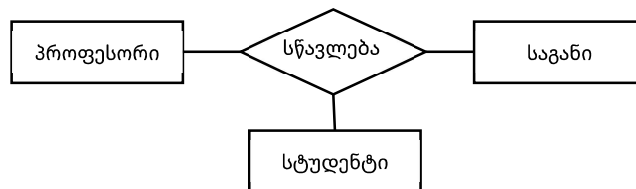
სურათი 1. რეკურსიული დამოკიდებულება

ბინარულ დამოკიდებულებაში მონაწილეობს ორი არსი. მაგ., უნივერსიტეტის თანამშრომელი მუშაობს დეპარტამენტში. არსები „**თანამშრომელი**“ და „**დეპარტამენტი**“ ერთმანეთთან ბინარულ დამოკიდებულებაშია (სურ. 2).



სურათი 2. ბინარული დამოკიდებულება

თუ დამოკიდებულებაში მონაწილეობს სამი არსი, მაშინ განიხილავენ ტერნარულ დამოკიდებულებას, მაგ.: „**პროფესორი**“, „**საგანი**“, „**სტუდენტი**“ - (სურ. 3).



სურათი 3. ტერნარული დამოკიდებულება

ზოგადად,  $n$ -ური რიგის დამოკიდებულებას ER-დიაგრამაზე აქვს  $n$  წიბო, თითო წიბო თითო მონაწილე არსისათვის.

განიხილავენ ორ არსს შორის კავშირის სიმძლავრეს: ერთი-ერთთან (1:1) – ერთი არსის ერთ ეგზემპლარს შეესაბამება მეორე არსის მხოლოდ ერთი ეგზემპლარი; ერთი-ბევრთან (1:N ან N:1) – ერთი არსის ერთ ეგზემპლარს შეესაბამება მეორე არსის რამდენიმე ეგზემპლარი; ბევრი-ბევრთან (N:M) – ერთი არსის ერთ ეგზემპლარს შეესაბამება მეორე არსის რამდენიმე ეგზემპლარი და პირიქით. ER-დიაგრამაზე სიმძლავრე აღინიშნება დამოკიდებულების ორივე მხარეს შესაბამისად 1, N ან M სიმბოლოთი. მაგ., თუ თანამშრომელი მუშაობს მხოლოდ ერთ დეპარტამენტში, მაშინ დამოკიდებულებას „მუშაობს“ აქვს N:1 სიმძლავრე, ხოლო თუ დავუშვებთ, რომ თანამშრომელი შეიძლება მუშაობდეს რამდენიმე დეპარტამენტში, მაშინ მისი სიმძლავრე არის N:M.

ტერნარული და მაღალი რიგის დამოკიდებულებები შედარებით იშვიათია. მით უფრო, მონაცემთა ლოგიკურ მოდელში დასაშვებია დამოკიდებულებები, რომელთა ხარისხი არ აღემატება 2-ს. ამიტომ ახდენენ მაღალი რიგის დამოკიდებულების დეკომპოზიციას ბინარულ დამოკიდებულებებად. უფრო მეტიც, ბევრი-ბევრთან კავშირი ლოგიკურ მოდელში უნდა დაიყოს 1:N კავშირებად.

ტერნარული დამოკიდებულების სიმძლავრე შეიძლება იყოს: 1:1:1, 1:1:M, 1:M:N, M:N:P, რომელიც განისაზღვრება იმით, თუ ორი არსი როგორ უკავშირდება მესამეს. მაგ., R(A, B, C) ტერნარული დამოკიდებულება, რომლის სიმძლავრეა M:N:1, ნიშნავს, რომ (A, B) არსების ყოველი წყვილის ეგზემპლარისთვის არსებობს C-ის მხოლოდ ერთი ეგზემპლარი; ყოველი (A, C)-სათვის არის B-ის N (ბევრი) ეგზემპლარი და (B, C)-წყვილისათვის კი A-ის M (ბევრი) ეგზემპლარი.

ტერნარული დამოკიდებულების არსების მაგალითებია: „ექიმი“, „პაციენტი“, „რეცეპტი“; „მომწოდებელი“, „პროდუქცია“, „ნაწილი“; „პროფესორი“, „საგანი“, „სტუდენტი“ და სხვა.

განვიხილოთ არსები: „პროფესორი“, „საგანი“, „სტუდენტი“ და მათ შორის ტერნარული დამოკიდებულება „სწავლება“ (სურ. 3). რა საგნებს ასწავლის პროფესორი? რომელ საგნებს სწავლობს სტუდენტი? რომელ პროფესორთან სწავლობს სტუდენტი? ვთქვათ, დამოკიდებულების სიმძლავრე ყოველ წყვილ არსს შორის არის ბევრი-ბევრთან: პროფესორი ასწავლის ბევრ საგანს, ყოველ საგანს ასწავლის ბევრი პროფესორი. ყოველი სტუდენტი სწავლობს ბევრ საგანს, ყოველ საგანს სწავლობს ბევრი სტუდენტი. ყოველი სტუდენტი სწავლობს ბევრ პროფესორთან, ყოველი პროფესორი ასწავლის ბევრ სტუდენტს.

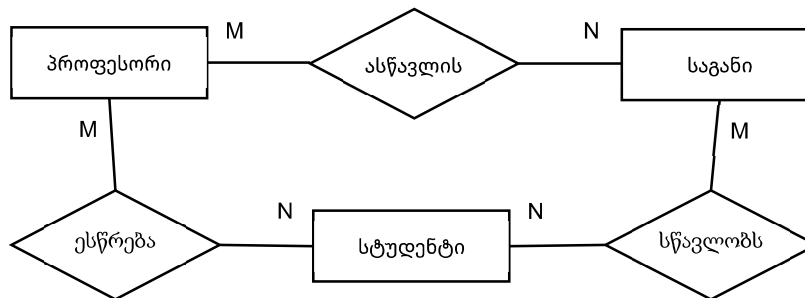
ვთქვათ, „სწავლება“ ტერნარული დამოკიდებულების ეგზემპლარი არის (s, c, p), სადაც s სტუდენტი c საგანზე ესწრება p პროფესორს.

ვთქვათ, სტუდენტმა საგანი შეიძლება ისწავლოს მხოლოდ ერთ პროფესორთან. ტერნარული დამოკიდებულების სიმძლავრეა: 1:1:1, თუმცა თითოეული ბინარული დამოკიდებულებისა კი M:N. ვთქვათ, ამ ტერნარული დამოკიდებულების კორტეჟებია: (s1, c1, p1), (s2, c1, p1), (s2, c2, p1), (s3, c2, p2), მაშინ (s1, c1, p2) და (s2, c2, p2) კორტეჟები არ არსებობს.

თუ სტუდენტმა საგანი შეიძლება ისწავლოს სხვადასხვა პროფესორთან, მაშინ ტერნარული დამოკიდებულების სიმძლავრეა: 1:1:M.

შევქმნათ სამი ბინარული დამოკიდებულება: „ასწავლის“ დამოკიდებულება „პროფესორსა“ და „საგანს“-ს შორის შეიცავს (p, c) ეგზემპლარს, როცა p პროფესორი ასწავლის c საგანს რომელიმე სტუდენტს; „სწავლობს“ დამოკიდებულება სტუდენტსა და საგანს შორის შეიცავს (s, c) ეგზემპლარს, როცა s სტუდენტი სწავლობს c საგანს; „ესწრება“ - დამოკიდებულების ეგზემპლარი (s, p), როცა s სტუდენტი ესწრება p პროფესორის ლექციას.

სურ. 4-ზე მოცემულია ER-დიაგრამა სამი ბინარული დამოკიდებულებისათვის: „ასწავლის“, „სწავლობს“, „ესწრება“.



სურათი 4. ტერნარული დამოკიდებულება წარმოდგენილია სამი ბინარული დამოკიდებულებით.

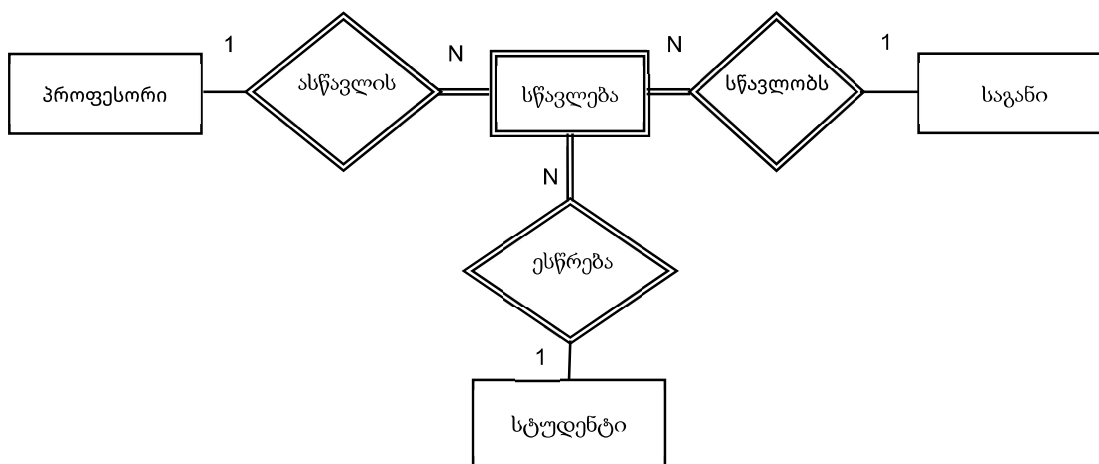
ბინარული დამოკიდებულებების სამი ეგზემპლარის: (p, c), (s, c), (s, p) არსებობა არ ნიშნავს, რომ არსებობს (s, c, p) ეგზემპლარი „სწავლება“ ტერნარულ დამოკიდებულებაში. ზოგადად, ტერნარული დამოკიდებულება და მისგან მიღებული სამი ბინარული დამოკიდებულება არაა ერთი და იგივე!

მრავალმნიშვნელობიანი დამოკიდებულების დროს არსს უნდა ჰქონდეს მინიმუმ სამი ატრიბუტი A, B, C: როცა არსებობს B, C ატრიბუტები დამოუკიდებლად და ორივე A ატრიბუტზეა დამოკიდებული. მასთან, არსებობს B, C ატრიბუტების მრავალი მნიშვნელობა. არსის ეგზემპლარს ვერ დავამატებთ, თუ არ გვეცოდინება სამივე ატრიბუტის მნიშვნელობა.

„პროფესორი“ არსის ატრიბუტებია: „სახელი“, „გვარი“, „პირადი ნომერი“, „მისამართი“ და სხვა. გასაღებია „პირადი ნომერი“. „საგანის“ ატრიბუტებია: „დასახელება“, „საათი“ და სხვა. გასაღებია „დასახელება“. „სტუდენტის“ ატრიბუტებია: „სახელი“, „გვარი“, „პირადი ნომერი“, „ჯგუფი“ და სხვა. არსები: „პროფესორი“, „საგანი“, „სტუდენტი“ რეგულარული (ძლიერი) არსებია, რადგან მათ აქვთ გასაღები ატრიბუტები.

არსს, რომელსაც არ აქვს საკუთარი გასაღები ატრიბუტ(ებ)ი, უწოდებენ სუსტ არსს. სუსტი არსი უკავშირდება სხვა, ე.წ. მის განმსაზღვრელ არსებს ატრიბუტ(ებ)ის მნიშვნელობებით. სუსტი არსი არ შეიძლება განისაზღვროს მშობელი არსის გარეშე.

ტერნარული დამოკიდებულების რომს ანაცვლებენ სუსტი არსით, რომელთანაც აკავშირებენ სამივე არსს (სურ. 5, „სწავლება“ სუსტი არსია).

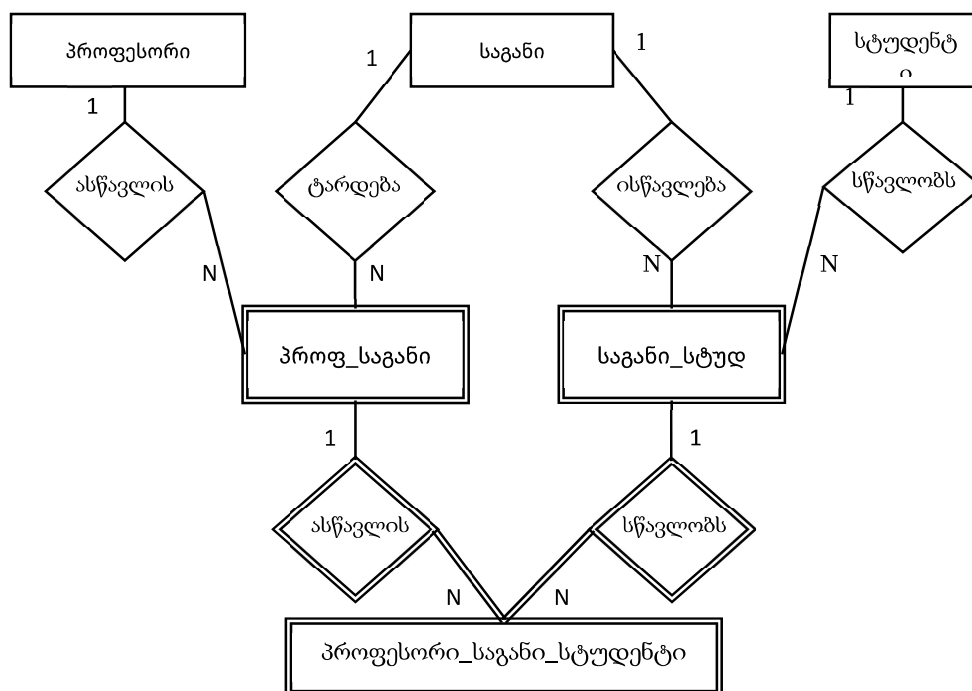


სურათი 5. ტერნარული დამოკიდებულება „სწავლება“ წარმოდგენილია სუსტი არსით.

„სწავლება“ სუსტი არსის გასაღები არის მასთან დაკავშირებული ყოველი არსის პირველადი გასაღებების შესაბამისი გარე გასაღებების კომბინაცია. თუ დამოკიდებულებაში მონაწილე არსისათვის სიმძლავრის შეზღუდვა არის 1, მაშინ მისი პირველადი გასაღები არ უნდა ჩავრთოთ სუსტი არსის გასაღებში.

„სწავლება“ არსი შეიძლება ჩაიწეროს „პროფესორი“, „საგანი“, „სტუდენტი“ არსის ეგზემპლართა დეკარტული ნამრავლის კორტეჯები, რომელთა შორის შეიძლება არსებობდეს ისეთები, რაც „სწავლება“ ტერმინულ დამოკიდებულებაში არაა. ანუ მივიღებთ ჭარბ კორტეჯებს. შევქმნათ „პროფ\_საგანი“ სუსტი არსი, რომელშიც ჩაიწერება კორტეჯები (სურ. 6): რომელი პროფესორი რომელ საგანს ასწავლის? ასევე შევქმნათ „საგანი\_სტუდ“ სუსტი არსი, რომელშიც ჩაიწერება კორტეჯები: რომელი სტუდენტი რომელ საგანზე რეგისტრირდება? დამოკიდებულება „პროფესორსა“ და „საგანს“ შორის ბევრი-ბევრთან დამოკიდებულებაა, რომლისგანაც ლოგიკურ მოდელში მივიღეთ: „პროფესორი“, „პროფ\_საგანი“ და „საგანი“, „პროფ\_საგანი“ 1:N-თან დამოკიდებულებები. ანალოგიურად, შევქმნათ „საგანი\_სტუდ“ სუსტი არსი.

„პროფ\_საგანი“ არსი არის სუსტი არსი, რომლის გასაღებია {პროფესორი, საგანი}, ასევე არსი „საგანი\_სტუდ“ არის სუსტი არსი, რომლის გასაღებია {საგანი, სტუდენტი}. მათთვის შეიძლება შესაბამისად შემოვიღოთ სუროგატი ატრიბუტები: „პროფ\_საგანი“ და „საგანი\_სტუდ“, რომელთა ერთობლიობით განისაზღვრება „პროფესორი\_საგანი\_სტუდენტი“ არსის გასაღები ატრიბუტი. „პროფესორი\_საგანი\_სტუდენტი“ სუსტი არსის ეგზემპლარი არ შეიცავს ისეთ კორტეჯებს, რომლებიც არ იქნება „სწავლება“ ტერმინული დამოკიდებულების ეგზემპლარი.



სურათი 6. „სწავლება“ (სურ. 3) ტერმინული დამოკიდებულების ლოგიკური მოდელი, რომელიც შეიცავს მხოლოდ 1:N-თან ბინარულ დამოკიდებულებებს.

თუ „სწავლება“ ტერმინულ დამოკიდებულებას დავამატებთ სწავლების პერიოდს, მაგ., „სემესტრს“-არსს, მაშინ „პროფესორი“, „საგანი“, „სტუდენტი“, „სემესტრი“ არსებისაგან მივიღებთ მეოთხე რიგის დამოკიდებულებას.

მაღალი რიგის დამოკიდებულებები იშვიათია, მაგრამ მათი განხილვა მონაცემთა ბაზის სპეციალისტს დაეხმარება მონაცემთა ბაზის სრულყოფილი მოდელის აგებაში.

**დასკვნა**

რელაციური მონაცემთა ბაზების ეფექტური მოდელირება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული არსებს შორის დამოკიდებულებების სწორად განსაზღვრასა და წარმოდგენაზე. ტერმინული და მაღალი რიგის დამოკიდებულებები, მიუხედავად მათი შედარებითი იშვიათობისა, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რთული საგნობრივი არეების აღწერისას.

ნაშრომში განხილულმა მაგალითებმა ცხადყო, რომ მაღალი რიგის დამოკიდებულებების პირდაპირი გამოყენება ხშირად ართულებს მონაცემთა ბაზის სტრუქტურას და ზრდის მონაცემთა სიჭარბის რისკს. შესაბამისად, პრაქტიკაში მიზანშეწონილია მათი ტრანსფორმაცია ბინარულ დამოკიდებულებებად ან სუსტი არსების გამოყენებით წარმოდგენა, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა მთლიანობასა და მოდელის მოქნილობას.

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ტერნარული დამოკიდებულებების არასწორმა დეკომპოზიციამ შეიძლება გამოიწვიოს ინფორმაციის დაკარგვა ან არარსებული კორტეჟების გენერირება. ამიტომ, მონაცემთა ბაზის დიზაინერისთვის მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ ფორმალური წესების ცოდნა, არამედ კონკრეტული ამოცანის სიღრმისეული ანალიზი.

საბოლოოდ, მაღალი რიგის დამოკიდებულებების სწორი გამოყენება და გარდაქმნა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კომპონენტს ეფექტური და ოპტიმიზებული რელაციური მონაცემთა ბაზის აგების პროცესში.

#### ლიტერატურა

1. Ramez Elmasri, Shamkant B. Navathe (2016). Fundamentals of Database systems, 7<sup>th</sup> edition.
2. IL-Yeol Song, Trevor H. Jones & E. K. Park. Binary Relationship Imposition Rules on Ternary Relationships in ER Modeling, Proceedings of the second international conference on Information and knowledge management, 01.12.1993; <https://doi.org/10.1145/170088.170104>.

#### Some Issues of Using Higher Degree Relationships Between Entities in Relational Databases

Ketevan Tchelidze

#### Abstract

The creation of a database model begins with the construction of a conceptual model, which is a high-level abstract model of data. Conceptual model usually described as Entity-Relationship Model, which represents some subject area data using entities and relationships between them. In the logical data model, the essence of the conceptual model is specified, if necessary, new entities and relationships are added, key attributes are defined. The process of normalization the logical model reduces data redundancy and ensures data integrity. In the physical model, the logical model is transformed for a specific database system, where data storage mechanisms are considered. The degree of a relationship indicates the number of entities that are associated with that relationship. Depending on how many entities are participated in their association, there are considered: unary, binary, ternary and higher-degree relationships. Ternary relationships add complexity to the database schema, can lead to redundant data and may result in more complex queries. There are: 1:1, 1:N, N:M relationships between instances of the entities. In the relational database model 1:1 and/or 1:N binary relationship are allowed, therefore, higher-degree relationships should be decomposed to binary relationships to prevent data loss and/or the creation of non-existent records. Ternary and higher-degree relationships are rare, but their consideration helps us to build a complete database model. A database specialist intuitively constructs already normalized binary relationships. The article discusses an example of a ternary relationship and the process of its transformation into a set of binary relationships.

**Key words:** relational database, conceptual model, logical model, entity, relationship, ER-diagram, binary relationship, ternary relationship.