

**თანამედროვე მონაცემთა ცენტრების
მაღალი საიმედოობისა და სარგებლიანობის
უზრუნველყოფის მეთოდები**

DOI - 10.36962/ecs105/9-10/2022-162

თეიმურაზ ტაბატაძე
ბტუ ასოცირებული პროფესორი

თეიმურაზ გოგნაძე
ბიზნესის ადმინისტრირების აკადემიური დოქტორი
teimuraz.gognadze@tsu.ge

რეზიუმე

განხილულია ბიზნეს ორგანიზაციებში თანამედროვე მონაცემთა ცენტრების მოწყობის პრინციპები და მისი სარგებლიანობისა და საიმედოობის განსაზღვრის მეთოდები. მოცემულია საიმედოობის გამოთვლის ფორმულები გარკვეული დაშვებების საფუძველზე მოწყობილობათა სხვადასხვა ტიპის შეერთების შემთხვევაში, როდესაც ხდება მოწყობილობათა მიმდევრობითი, პარალელური ან შერეული ტიპის დარეზერვება. აღნიშნული გამოთვლების საშუალებით შესაძლებელია შეფასდეს მონაცემთა ცენტრის როგორც ერთიანი, მთლიანი სისტემის მოცდენის საშუალო დრო მთელი კალენდარული წლის განმავლობაში. ნაშრომი დაეხმარება როგორც ტექნიკურ, ასევე ფინანსურ მენეჯერს ბიზნეს ორგანიზაციებში შეაფასოს და განსაზღვროს იმ ტექნიკური სამუშაოებისა და შესყიდვების მოცულობა რომლებიც საჭიროა მონაცემთა ცენტრის თავიდან აგების ან არსებულის მოდერნიზაციის დროს.

საკვანძო სიტყვები - მონაცემთა ცენტრი, სერვერი, საიმედოობა, სარგებლიანობა, დარეზერვება, ბიზნეს პროცესები.

შესავალი

თანამედროვე ბიზნეს კომპანიებისა და სახელმწიფო ორგანიზაციების საქმიანობა მჭიდროდაა დაკავშირებული საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვა-გამოყენებასთან. მათი სოლიდური ნაწილი კი ამ თვალსაზრისით ახორციელებს სპეციალური მონაცემთა ცენტრის გამართვას და ფუნქციონირებას. მონაცემთა ცენტრი - ეს არის მრავალი კომპიუტერისგან (სერვერებისგან) შემდგარი ერთიანი სისტემა, რომელიც უნდა უზრუნველყოფდეს ბიზნეს პროცესების უწყვეტ, ავტომატიზირებულ მუშაობას, რისთვისაც მასში ხდება დიდი მოცულობის ინფორმაციის მიღება, დამუშავება, შენახვა და გაცემა. თანამედროვე მონაცემთა ცენტრის შექმნა, მისი ადმინისტრირება, ძვირადღირებული სერვერებისა და ქსელური აპარატურის ტექნიკურ საექსპლუატაციო პირობების შენარჩუნება მისთვის გამოყოფილ სპეციალურ შენობაში მოითხოვს მნიშვნელოვან ფინანსურ და კვალიფიციურ ადამიანურ რესურსებს. ასეთი მონაცემთა ცენტრები უნდა აკმაყოფილებდეს მთელ რიგ პირობებს, რომელთა შორის შეგვიძლია გამოვყოთ [1]:

- მონაცემებზე წვდომა 24x7x365
- უმცყუნო (საიმედო) მუშაობა და უწყვეტი მონიტორინგი
- ელექტროკვების მართვა და რეზერვირება
- ქსელური კომუნიკაციების დივერსიფიკაცია და რეზერვირება
- ქსელური უსაფრთხოება (კიბერუსაფრთხოება), ფიზიკური წვდომის კონტროლი და ვიდეომეთვალყურეობა
- გარემოს პარამეტრების კონტროლი და მართვა
- დაკავშირების ალმომჩენი და ხანძარსაწინააღდეგო სისტემების გამართულობა

ძირითადი ტექსტი

ზემოაღნიშნული მოთხოვნებიდან ჩვენ განვიხილავთ იმ საკითხებს, რომლებიც დაკავშირებულია მონაცემთა ცენტრის როგორც ერთიანი სისტემის საიმედოობასა და სარგებლიანობასთან (ხელმისაწვდომობასთან).

როგორც ცნობილია, საიმედოობა წარმოადგენს ნაკეთობის (მონყობილობის) თვისებას შეასრულოს მასზე დაკისრებული ფუნქცია ექსპლოატაციის განსაზღვრულ პირობებში გარკვეული დროის მანძილზე. სარგებლიანობა კი განისაზღვრება როგორც უწყვეტი მუშაობის თანაფარდობით სისტემის მთლიან საექსპლოატაციო დროსთან. ცხადია ეს ორი მახასიათებელი ერთმანეთთან გარკვეულ თანაფარდობაში იმყოფება.

მონაცემთა ცენტრების ფუნქციონალური ინფრასტრუქტურა შესაძლოა 3 კატეგორიად დაიყოს, ესენია ფიზიკური, საინჟინრო და კომპიუტერული.

- ფიზიკურ ინფრასტრუქტურაში მოიაზრება სასერვერო დარბაზი რკინის კარითა, აწეული იატაკი (ე.წ. ფალშპოლი) და შეკიდული ჭერი, სასერვერო რეკ-კარადები, საკაბელო არხები და სადენების სისტემა.

- საინჟინრო ინფრასტრუქტურის შემადგენლობაში შედის: ჰაერის გაგრილების და ვენტილაციის სისტემა, ელექტროენერგიის მიწოდების საშუალებები, სიგნალიზაცია და ვიდეომეთვალყურეობის სისტემა, ხანძარსაწინააღმდეგო გადამწოდები და სპეციალური სისტემები, ასევე სტრუქტურირებული საკაბელო სისტემა.

- კომპიუტერული (გამოთვლადი) ინფრასტრუქტურა, თავის მხრივ, შესაძლოა 3 ნაწილად წარმოვიდგინოთ მაღალმწარმოებლური სერვერული კომპიუტერები, მონაცემთა დამგროვებლები (ე.წ. მონაცემთა სანახები, ლენტური ბიბლიოთეკა და ა.შ.) და მაღალსიჩქარული ქსელური მონყობილობები.

ჩამოთვლილი 3 კატეგორიიდან მონაცემთა ცენტრის მუშაობის საიმედოობაზე გავლენის მომხდენი საინჟინრო (ირიბად) და კომპიუტერული (პირდაპირ) ინფრასტრუქტურებია. ამიტომ ჩვენ სწორედ ამ ორი მათგანის სარგებლიანობის მიღწევის მეთოდებს განვიხილავთ.

საერთაშორისო ორგანიზაციებისა და კომპანიების მიერ არსებობს შესაბამისი სტანდარტი, რომლის მიხედვითაც მონაცემთა ცენტრების ინფრასტრუქტურის სარგებლიანობა 4 სხვადასხვა დონეს (Tier) მოიცავს [2], [3]

● **Tier 1** - საბაზო დონეს წარმოადგენს და უზრუნველყოფს საკმარის გამოთვლით სიმძლავრეებს და მონაცემებზე წვდომადობას როგორც ოფისის შიგნით ასევე გარე მომხმარებლებისგან. საინჟინრო დონეზე გათვალისწინებულია უწყვეტი კვების წყაროს (UPS), სპეციალური გამაგრილებელი მოწყობილობის და დიზელ გენერატორის არსებობა. მადუბლირებელი სარეზერვო მოწყობილობები გათვალისწინებული არაა, ამიტომ ის დაზღვეულია ადამიანური შეცდომების შედეგად გამოწვეული პრობლემებისაგან, მაგრამ არა უცარი ავარიული ან გეგმიური (პროფილაქტიკური) გათიშვისაგან. ამ დონის სარგებლიანობა ზოგოერთი მონაცემებით 99.671% შეადგენს, რაც წელიწადში დაახლოებით 30 საათით მოცდენას გულისხმობს.

● **Tier 2** - დონეზე ელექტრომომარაგების და გაგრილების სისტემების დუბლირება ხდება. ის მოიცავს შემდეგ მოწყობილობებს - დიზელ გენერატორებს, უწყვეტი კვების წყაროებს, საწვავის ავზებს, ვენტილაციისა და გაგრილების სისტემებს, სითბოს ამრთმევ მოწყობილობას, ტუმბოებს და ა.შ. შედეგად მცირდება ავარიული გათიშვების ალბათობა და უმჯობესდება ტენიკური, პროფილაქტიკური მომსახურების განევის პირობები. სტატისტიკური მონაცემებით ამ დონეზე სარგებლიანობა შეადგენს 99.741% , რაც წელიწადში საშუალოდ დაახლოებით 23 საათით მოცდენას წარმოადგენს.

● **Tier 3** დონის მონაცემთა ცენტრი აკმაყოფილებს ყველა იმ პირობას, რასაც Tier 2 , მაგრამ ამ შემთხვევაში დამატებით გვაქვს დუბლირებული მაგისტრალური დამოუკიდებელი ხაზები და კომპიუტერულ მოწყობილობებს ასევე გააჩნია ორმაგი კვების ბლოკები. ასეთ შემთხვევაში სარგებლიანობის მაჩვენებელი 99.982% აღწევს, რაც წელიწადში დაახლოებით 2 საათიანი უქმეობის ექვივალენტურია.

● **Tier 4** დონის მონაცემთა ცენტრი შეიცავს ურთიერთდამოუკიდებელ და ფიზიკურად იზოლირებულ კვანძებსა და სისტემებს, რომლებიც ფუნქციონირებენ როგორც ურთიერთდამზღვევი და სარეზერვო სიმძლავრის შემცველი სისტემები. ასეთ გარემოში პროფილაქტიკური ან სხვა გეგმიური

გათიშვები პრობლემას არ წარმოადგენს, თუმცა მცირე ალბათობა იმისა რომ ასეთი გათიშვისას სარეზერვო მომუშავევ სისტემამ მტყუნება (დაზიანება, გათიშვა) განიცადოს მაინც რჩება. მისი სარგებლიანობა 99.995% აღწევს, რაც წელიწადში დაახლოებით 26 წუთით მოცდენის ტოლფასია.

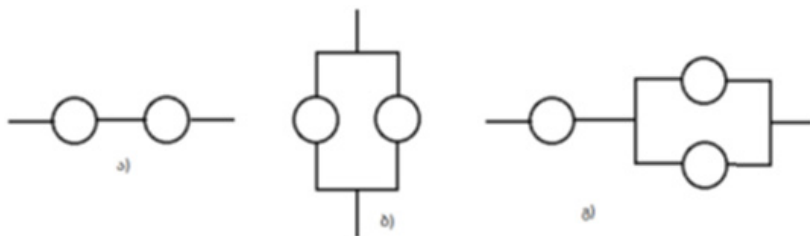
მონაცემთა ცენტრების განხილული დონეების ანალიზზე დაყრდნობით ადვილი შესამჩნევია რომ მაქსიმალური საიმედოობა მიღწევადია სრული დუბლირებების და მრავალჯერადი დარეზერვების მოწყობილობების გამოყენებით, მაგრამ აქ უკვე თავს იჩენს ფინანსური და სხვა საექსპლოატაციო ხარჯების ზრდა. ორმაგი მოწყობილობების შეძენა დაახლოებით ორმაგი ფასი ჯდება, ხოლო მათი ერთდროული სრული ან ნაწილობრივი დატვირთვით მუშაობა ზრდის მოხმარებული ელექტროენერგიის ხარჯს, ელექტრომომარაგების ხაზის გათიშვის შემთხვევაში კი გენერატორის მიერ მოხმარებული საწვავის რაოდენობას. ამიტომ ჩვენი მიზანია შევიმუშაოვოთ ისეთი მეთოდები, რომელიც ფასისა და საიმედოობის თანაფარდობის შესახებ გარკვეული გადანყვეტილების გამოტანის შესაძლებლობას მისცემს ბიზნეს ორგანიზაციების მენეჯერებს.

ზოგადად ელექტრონული ნაკეთობის საიმედოობის გაზრდის 2 გზა არსებობს

1. მაღალი ხარისხის ძვირადღირებული რადიოელექტრონული კომპონენტების (რეზისტორები, კონდესატორები, ინდუქტივობის კოჭები, ტრანზისტორები, დიოდები, მაღალი სიმკვრივის ინტეგრალური სქემები - ე.წ. „ჩიპები“) გამოყენება;

2. სასარგებლო სიჭარბის შეტანა ფუნქციონალურ სქემაში დარეზერვების მეთოდების გამოყენებით.

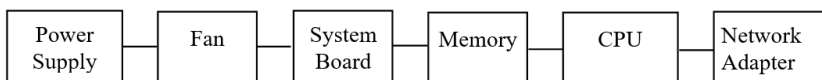
ნებისმიერი ელექტრონული მოწყობილობის და შესაბამისად მთლიანი სისტემის ფუნქციონალური სქემა 2 სახის შეერთებაზე - მიმდევრობით, ან პარალელურ (ან მათ კომბინაციაზე) დაიყვანება (ნახ.1)



ნახ.1 შეერთებათა სქემები

სისტემის მუშაუნარიანობის დაკარგვისათვის პირველ შემთხვევაში საკმარისია რომელიმე 1 ელემენტის (კომპონენტის) მტყუნება. პარალელური შეერთებისას საჭიროა ყველა ელემენტის მტყუნება, ხოლო შერეული კომბინაციისას კი $1 \leq k < N$ ელემენტის მტყუნება, სადაც ელემენტთა მთლიანი რაოდენობაა. მიმდევრობითი შეერთებისას $k=1$ და გვაქვს ე.წ SPOF (Single Point Of Failure) წერტილი, ხოლო პარალელური შეერთებისას $k=N$ გვაქვს სრული დუბლირება. [4]

მიმდევრობითი შეერთებისას, რაც უფრო კომპლექსურია და ბევრი კომპონენტისგან შედგება სისტემა მით უფრო ნაკლებია მისი საიმედოობა. მაგ. მარტივი ბლოკ-სქემის სახით სერვერული კომპიუტერი შესაძლოა წარმოდგენილი იქნეს როგორც მისი ცალკეული ბლოკების თანმიმდევრობა [2]



ნახ. 2. კომპიუტერული სისტემა მიმდევრობითი კომპონენტებით

ნახ. 2. -ზე გამოსახული გამარტივებული წარმოსახვითი კომპიუტერის საიმედოობა აღბათობათა გამრავლების თეორემის საფუძველზე გამოითვლება ფორმულით:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t)), (1)$$

სადაც $P(t)$ უმცუესო მუშაობის ალბათობის ფუნქციაა t დროის მონაკვეთზე, $q_i(t)$ კი i -ური კომპონენტის მტყუნების ალბათობა, ხოლო n კომპონენტების რიცხვი.

ანალოგიურ ფორმულას კომპონენტთა პარალელური შეერთებისას (თუ ჩავთვლით რომ დაზიანების მომენტი დგება ყველა კომპონენტის მტყუნებისას) აქვს სახე

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i(t)), \quad (2)$$

სადაც $p_i(t)$ კი i -ური კომპონენტის უტყუნო მუშაობის ალბათობაა t დროის მონაკვეთზე.

რაც შეეხება შერეულ შეერთებას ნებისმიერი რაოდენობის კომპონენტთა შემთხვევაში $P(t)$ უმცუესო მუშაობის ალბათობის ფუნქცია ცალკეული კომპონენტების $p_i(t)$ ფუნქციების მრავალწევრს წარმოადგენს. თუ განვიხილავთ ნახ.1 (გ) შემთხვევას იმ დაშვებით რომ კომპონენტთა უმცუესო მუშაობების ალბათობები ერთნაირია $p(t) = p_i(t)$,

მაშინ ალბათობათა შეკრებისა და გამრავლების თეორემების საფუძველზე გვექნება

$$P(t) = p(t) \cdot \{[1 - p(t)]^2\} = 2[p(t)]^2 - [p(t)]^3 \quad (3)$$

მსგავსი შეერთებები, მაგალითად, გამოყენებულია უწყვეტი კვების წყაროების აკუმულატორების ურთიერთკავშირებში.

რეალობაში თანამედროვე სერვერები აგებულია ისე, რომ მისი უმეტესი კომპონენტები ან დუბლირებულია, ან კიდევ უფრო მეტი ჯერადობით დარეზერვებულია ისე, რომ საბოლოოდ მისი საიმედოობა გაზრდილი აღმოჩნდეს. დუბლირებული პარალელური შეერთებისას (2) ფორმულის თანახმად ერთნაირი კომპონენტების შემთხვევაში გვაქვს

$$P(t) = 1 - (1 - p(t))^2 = 2p(t) - (p(t))^2 \quad (4)$$

თუ ბოლო ფორმულაში წინასწარ სტატისტიკით განსაზღვრულ საიმედოობის 99% -იან ალბათობას ჩავსვამთ, მივიღებთ 99,99%, ანუ 0.99% -იან ნაზრდს, რაც წლის განმავლობაში დროის მიხედვით 87,6 სთ-დან 52 წუთამდე ამცირებს.

დასკვნა

განხილული მეთოდები საშუალებას იძლევა შევავსოთ გამოთვლითი სისტემების სხვადასხვა ტექნიკური და დროითი მახასიათებლები. მრავალჯერადი დარეზერვებისას გათვალისწინებული უნდა იქნას როგორც მოწყობილობის ფასი, ასევე ბიზნეს პროცესის დროითი წყვეტების მნიშვნელობა, რაც ზოგ შემთხვევაში ზედმეტად აძვირებს მონაცემთა ცენტრის მოწყობის ფინანსურ დანახარჯებს. ამის გამო ხდება სარგებლიანობის გაზრდის არააპარატურული (მათემატიკურ-პროგრამული) მეთოდების დანერგვა, რომელიც ცალკე კვლევის საგანს წარმოადგენს. აპარატურული მოწყობისას კი დამატებით უნდა იქნას გათვალისწინებული თითოეული კომპონენტის საერთო სამუშაო რესურსი, რომელიც დროის ერთეულებით ან სამუშაო ციკლის რაოდენობით შეიძლება იყოს წარმოდგენილი.

REFERENCES:

1. (მონაცემთა ცენტრის ინფრასტრუქტურის სახელმძღვანელო); Data Center Infrastructure Resource Guide - 12H0013X00 © 2012 Anixter Inc. • 09/12 • 251984 - <https://www.anixter.com/content/dam/Anixter/Guide/12H0013X00-Data-Center-Resource-Guide-EN-US.pdf>;
2. Sjaak Laan, IT Infrastructure Architecture. Infrastructure Building Blocks and Concepts, e-book, 2012; (სიაკ ლაანი, IT-ინფრასტრუქტურის არქიტექტურა. კონცეპტები და კომპონენტები, ელ. წიგნი, 2012);
3. Tier Classification System; (მონაცემთა ცენტრის დონეთა კლასიფიკაციის სისტემა) - <https://uptimeinstitute.com/tiershttps://uptimeinstitute.com/tier-certification>;
4. O. Namicheishvili, Reliability Theory, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Press, 1984; ო. (ნამიჩიშვილი - საიმედოობის თეორია. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი 1984.).

METHODS FOR ACHIEVEMENTS OF HIGH RELIABILITY AND UTILITY OF MODERN DATA CENTERS

Teimuraz Tabatadze,

Associate Professor at BTU

Teimuraz Gognadze

Academic Doctor of Business

Administration at TSU

teimuraz.gognadze@tsu.ge

Resume

The paper discusses the principles of building modern data centers for business organizations, as well as the methods for determining their reliability and availability. The formulas for calculating reliability for different connection types and different device reservations (sequential, parallel, or mixed) with certain assumptions are provided. Using these calculations makes it possible to estimate the average downtime of the whole data center for a calendar year. The topics covered in the paper will be helpful both for technical and financial managers in business organizations to evaluate and define the volume of purchases and work required for building new data centers or rebuilding existing ones.

Keywords: Data Center, Server, Reliability, Availability, Redundancy, Business process.