

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი



ATLAS დეტექტორის ერთიანი გეომეტრიული მოდელის
ანალიზის და სინთეზის მეთოდების დამუშავება

არჩილ სურმავა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
„სადოქტორო პროგრამა ინფორმატიკა“, შიფრი 0401

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
ოქტომბერი, 2017 წელი

რეზიუმე

გეომეტრიულ მოდელირებას ძირითადი ადგილი უჭირავს საინჟინრო პროექტებში. გეომეტრიული მოდელირება საწყისი ეტაპია, რომელზეც არის დამოკიდებული საინჟინრო პროექტებთან ასოცირებული სხვადასხვა ამოცანების გადაწყვეტა. მსხვილ საინჟინრო პროექტებში აუცილებელია ერთიანი გეომეტრიული მოდელის არსებობა, რადგან საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტა მის გარეშე შეუძლებელია. ერთიანი გეომეტრიული მოდელი წარმოადგენს სტრუქტურირებულ ერთ მთლიან ანაწყობს, რომელშიც გაერთიანებულია პროექტით გათვალისწინებული ყველა გეომეტრიული მოდელი.

მსხვილ საინჟინრო პროექტების ერთ-ერთ სირთულეს წარმოადგენს საინჟინრო მონაცემთა მართვა EDM/PDM (Engineering Data Management) რომელიც უზრუნველყოფს საინფორმაციო ნაკადის კლასიფიცირებას საწარმოო სრული ციკლის მართვის პერიოდში (PLM Product Life Management)

CERN-ში EDM/CAD სისტემების ცვლილებამ ატლასის პროექტზეც უარყოფითად გავლენა მოახდინა რადგან დაფიქსირდა მიგრაციის პრობლემები, რაც არ იძლევა საინჟინრო ამოცანების გადაჭრის საშუალებას. ამიტომ აუცილებელი გახდა ერთიანი გეომეტრიული მოდელის შექმნა რაც მიგრაციით გამოწვეულ პრობლემებს მოაგვარებდა.

შედეგად, სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს დეტექტორის ერთიანი საინჟინრო გეომეტრიული მოდელის შესაქმნელად საჭიროა სტრუქტურული ფორმალიზმის დამუშავება, რაც თავის მხრივ გულისხმობს გარკვეული ნიშნებით კომპონენტების კლასიფიკაციას, დეკომპოზიციას და ტიპიური სტრუქტურების გამოყოფას.

პირველ თავში მიმოხილულია საინჟინრო IT ინფრასტრუქტურის დანიშნულება. აღწერილია CERN-ის PLM/PDM/CAD სისტემები. დეტალურად არის განხილული PDM/CAD სისტემების ცვლილებით გამოწვეული მიგრაციის პრობლემები.

მეორე თავში აღწერილია ATLAS დეტექტორს ყველა ძირითადი და დამხმარე კომპონენტები, სადაც განხილულია მათი ფუნქციონალური, ფიზიკური და გეომეტრიული თვისებები. ატლასის დეტექტორი წარმოადგენს რთული და კომპლექსურ საინჟინრო ნაგებობას, რომელიც შედგება სხვადასხვა ტიპის და დანიშნულების მქონე ანაწყობებისგან და ქვეანაწყობებისგან. შედეგად, დეტექტორის ერთიანი გეომეტრიის შესაქმნელად საჭიროა სტრუქტურული ფორმალიზმის დამუშავება, რაც თავის მხრივ გულისხმობს გარკვეული ნიშნებით კომპონენტების კლასიფიკაციას, დეკომპოზიციას და ტიპიური სტრუქტურების გამოყოფას.

ამრიგად, დისერტაციის საკვლევ ამოცანებს წარმოადგენენ:

1. კომპონენტების დეკომპოზიციის კრიტერიუმების დამუშავება
2. კლასიფიკატორების შერჩევა
3. სტრუქტურაში იერარქიული დონეების გამოყოფა
4. სტრუქტურული კლასებისა და ქვეკლასების გამოყოფა

5. თითოეულ კლასში იერარქიული დონეების მიხედვით ობიექტების სტრუქტურირება.

6. 3D მოდელების შეფასებისა და შერჩევის მეთოდების დამუშავება.

მესამე თავში აღწერილია დეტექტორის სტრუქტურირებისთვის საჭირო კლასიფიკაციის მეთოდების დამუშავება. ATLAS დეტექტორის კომპონენტების სიმრავლის დაყოფა-დაჯგუფებისთვის შეირჩა კლასიფიკატორები, რომლის საფუძველზეც განხორციელდა დეტექტორის დეკომპოზიციის ეტაპები.

დეკომპოზიციის I ეტაპი *„კომპონენტების დაშლა მათი ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით“*. დეტექტორის ყველა კომპონენტის დეკომპოზიცია განხორციელდა იმ დონემდე სანამ კომპონენტის ფუნქციონალური თვისება არ დაიკარგა. შესაბამისად {Φ} ფუნქციონალური კრიტერიუმის შედეგად მიღებულია 6 დონიანი იერარქიული ხე, სადაც გამოიყო 153 ქვეკომპონენტი და 248 ელემენტარული ანაწყოები.

მეოთხე თავში აღწერილია დეკომპოზიციის მე-2 ეტაპი *„კომპონენტების დაშლა მათი სივრცეში განაწილების მიხედვით“*. დეკომპოზიციის მე-2 ეტაპზე უნდა გამოიყოს ფუნქციონალური დეკომპოზიციის შედეგად მიღებული ისეთი ელემენტარული ანაწყოები, რომლებსაც გააჩნიათ სივრცეში განაწილებული არაერთგვაროვანი სტრუქტურები და უნდა განხორციელდეს მათი დეკომპოზიცია {Γ} კრიტერიუმთა სისტემის მიხედვით. ანალიზის საფუძველზე გამოიყო ორი სიმრავლე:

1. სიმრავლე სადაც ელემენტარული ანაწყოების სექტორული დეკომპოზიციით ერთგვაროვანი სტრუქტურები მიიღება
2. სიმრავლე რომლის კომპონენტების სექტორული დეკომპოზიციით მიიღება არაერთგვაროვანი სტრუქტურა.

ATLAS დეტექტორის ძირითადი ჰავილიონის ინფრასტრუქტურული კომპონენტების სივრცული დეკომპოზიციისთვის გამოიყენება დონეები, რომლებიც დანომრილია ინფრასტრუქტურული პლატფორმების სართულების შესაბამისად. შედეგად, ინფრასტრუქტურის მე-2 ეტაპის ანალიზით გამოიყო ისეთი EA კომპონენტები რომელთა დონეებად დაყოფა არის შესაძლებელი.

მეხუთე თავში აღწერილია დეკომპოზიციის მე-3 ეტაპი *„კომპონენტების დაშლა მათი სიმეტრიულობის მიხედვით“*. ამ ეტაპზე EA_{|Γ} -დან უნდა გამოიყოს კომპონენტები რომელთა დეკომპოზიციით მიიღება ორი სიმეტრიული ქვეკომპონენტი Z0-ის მიმართ. EA_{|Γ} სიმრავლის დაყოფისთვის მე-3 ეტაპის დეკომპოზიცია განხორციელდა ორ ეტაპად:

1. პირველი რიგის ანალიზით გამოიყო დეტექტორის ისეთი კომპონენტები, რომლებიც შედგება Z0-ის მიმართ სიმეტრიულად განაწილებული ქვეკომპონენტებისაგან Side A და Side C მხარეებში. შედეგად ასეთი კომპონენტები შეიძლება აღიწეროს მხოლოდ ერთი სიმეტრიული ქვეკომპონენტით.
2. მეორე რიგის ანალიზით გამოიყო დეტექტორის ისეთი კომპონენტები, რომლებიც შედგება Z0-ის მიმართ სიმეტრიულად განაწილებული ქვეკომპონენტებისაგან US15 და USA15 მხარეებში. შედეგად ასეთი კომპონენტები შეიძლება აღიწეროს მხოლოდ ერთი სიმეტრიული ქვეკომპონენტით.

მე-3 ეტაპის პირველი რიგის ანალიზით მიღებული შედეგებით გამოიყო 110 ქვეკომპონენტი, ხოლო მეორე რიგის ანალიზით გამოიყო 4 ქვეკომპონენტი.

მეექვსე თავში განხილული იქნა, ერთიანი გეომეტრიული მოდელის დამუშავება. საკვლევი თემატიკის მიზანი იყო ერთიანი გეომეტრიული მოდელის პირველი მიახლოების შექმნა, რაც ითვალისწინებდა ATLAS დეტექტორის გეომეტრიული მოდელების ერთ სტრუქტურაში გაერთიანებას.

ამისთვის გადაწყდა შემდეგი ამოცანები:

1. საინჟინრო დაპროექტების სისტემად შეირჩა CATIA V5, რომელიც უზრუნველყოფს დიდ ანაწყოებთან მუშაობას და ასევე სხვადასხვა ფორმატის გეომეტრიული მოდელების ინტეგრაციას მის პლატფორმაზე.
2. შეირჩა დეტექტორის კომპონენტების საძიებო სამი წყარო: CERN-ის საინჟინრო მონაცემთა ბაზა - SmarTeam; ლოკალური ბაზა, სადაც გაერთიანებულია ქართული ჯგუფის მიერ მიგრირებული გეომეტრიული მოდელები; და Geant4-ის გეომეტრიული მოდელები ბაზა. CATIA V5-ში ამ გეომეტრიულ მოდელების გამოყენებისთვის აუცილებელია გეომეტრიების WRL ფორმატში კონვერტაცია.
3. საინჟინრო მონაცემთა ბაზაში შეირჩა ლგალური კომპიუტერის HDD მყარი დისკი, რომელშიც შეიქმნება ერთიანი საინჟინრო გეომეტრიული მოდელი ბაზის დისტრიბუცია. მოცემული დისტრიბუციით შესაძლებელია ნებისმიერი EDM სისტემაზე ინსტალაცია.
4. EA კომპონენტების შეფასების კრიტერიუმების შერჩევით გამოიყო გეომეტრიული მოდელი შეფასების სამი ძირითადი კრიტერიუმით:
 - Detalization – გეომეტრიის დეტალურობა, რომელიც ასახავს გეომეტრიის დეტალურობის ხარისხს.
 - Completeness – გეომეტრიის სისრულე განსაზღვრავს EA-ს გეომეტრიაში ანაწყოების სისრულეს.
 - Cleanness - გეომეტრიის სისუფთავე განსაზღვრავს EA-ს გეომეტრიაში დამატებული სხვა გეომეტრიების რაოდენობის მაჩვენებელს.
5. ერთიანი გეომეტრიული მოდელი დნერგვა და გამოყენება. ATLAS-ის ერთიანი გეომეტრიული მოდელში გაერთიანდა 242 ანაწყოები და 207 EA ელემენტარული ანაწყოები 246-დან. ფიზიკურად შეიქმნა 242 CATProduct. ფაილი, რომელთა ჯამური ზომა 3 მეგაბაიტამდეა. ხოლო რადგან ზოგიერთ WRL ფაილში რამდენიმე ელემენტარული ანაწყოები დაფიქსირდა, მათი დაშლა ამ ეტაპზე არ განხორციელდა და ისინი ერთ ფაილად მივიღეთ, რითაც საბოლოოდ 87 WRL ფაილი გამოვიდა ზომით 5.32 გიგაბაიტი.

აღნიშნული გეომეტრიული მოდელები გამოყენებული იქნა სხვადასხვა საინჟინრო პროექტებში ბირთვული კვლევების ევროპულ ორგანიზაციაში CERN-ში.

პროექტი #1 „ტოროიდული მაგნიტის Geant4 საბაზო გეომეტრიის შემოწმება ინტეგრაციის კონფლიქტზე და ადეკვატურობაზე“

პროექტი #2 „ახალი კომპონენტების დამატება Geant4 საბაზო გეომეტრიაში“

პროექტი #3 „სასწავლო აპლიკაცია ელემენტარული ნაწილაკების შემთხვევებისა და ATLAS დეტექტორის მოწყობილობების Web-ვიზუალიზაციისთვის“

ABSTRACT

Geometric modeling is the starting point for which solving different tasks associated with engineering projects. There is a need to have a complete geometric model in large engineering projects, as the engineering tasks can not be solved without it. The complete geometric model represents structured, a whole assembly where are combined the geometric models provided by the project.

One of the challenges of large engineering projects is Engineering Data Management EDM/PDM (Engineering Data Management) that provides information flow classification in the production cycle management (PLM Product Life Management).

EDM/CAD systems Changes have had a negative effect in CERN, as it has been noted migration problems, which have not gave engineering solutions possibility. Therefore, it is necessary to create a complete geometric model that will solve problems caused by migration.

As a result, the aim of the dissertation research is to develop the structural formalism in order to build the complete 3D geometry model of the detector, which in turn implies the classification of components, the decomposition and the allocation of typical structures.

The First chapter reviews the necessity of engineering IT infrastructure in the factory. PLM systems and PDM/CAD systems, which are included in it. There are described PDM/CAD systems in CERN. Migration problems are discussed in detail, which caused by changes a PDM/CAD systems.

The Second chapter. In this chapter are described the functional, physical and geometric properties of all main and infrastructure components of the ATLAS detector. The ATLAS detector is a compound and complex engineering structure, which consisting with various type of assemblies and sub-assemblies. As a result, it is necessary to develop a structural formalism to create a complete geometry of the detector, which in turn implies classification of components, decomposition and allocation of typical structures.

Thus, to study tasks of the thesis is:

1. Developing criteria for components decomposition;
2. Selection of classifiers;
3. Allocate hierarchical levels in the structure;
4. Allocate structural classes and subclasses;
5. Structuring objects according to hierarchical levels in each class
5. Processing of evaluation and selection methods of 3D models.

In **the Third chapter** have been described the classification methods for structuring of the detector. The classification selection for dividing and grouping of amounts components of the ATLAS detector, On the basis of which Implemented decomposition steps of the detector.

The I-phase of the decomposition "to divide the components by their functional purpose." The decomposition of all components of the detector was implemented until the functional properties of the component was not lost. Thus, as a functional criterion $\{\Phi\}$ has been gotten a 6-level hierarchy tree, where allocated 153 sub-components and 248 elemental assemblies.

In **The Fourth chapter** have been described the second phase of the decomposition "to divide of components by their space distribution". Based on the analysis, two group were allocated:

1. A quantity that have gotten homogeneous structure by sectoral decomposition of components;
2. A quantity that have gotten non-homogeneous structure by sectoral decomposition of components.

For spatial decomposition of the main cavern infrastructure of atlas detector was used levels, which were numbered according to the infrastructure platform levels.

In **The Fifth chapter** have been described the third phase of the decomposition, "to divide of the components according to their symmetry." At the 3rd stage of the decomposition, the EA_Γ requires that the components be distinguished by two symmetric sub-components Z₀. The 3rd stage decomposition for EA_Γ multiplication has been done in two stages:

1. On first stage analysis was distinguished by the detector components that contains two symmetrical sub-components by Z₀ on Side A and Side C.
2. On second stage analysis was distinguished by the detector components that contains two symmetrical sub-components by Z₀ on US15 and USA15 sides.

The results of the first phase of the III phase were allocated 110 sub-components, and the second row analysis was given by 4 sub-components.

In **The Sixth chapter** have been reviewed the development of a complete geometric model. The goal of the research topics is to create the first approximation of a complete geometric model that foresees to unite all geometric models of ATLAS detector into one structure.

For that were solved the following tasks:

1. Selection of the CAD system
2. Selection of sources for searching of the detector components
3. Selection of engineering database;
4. Assessment criteria for EA components;
5. EA components selection and integration into a complete model

Thus, in ATLAS complete geometric model were combined 242 assemblies and 207 EA components from 246.

These geometric models have been used in various engineering projects at the European Organization for Nuclear Research, CERN.

Project #1 "Checking G4 baseline geometry for Integration conflicts and Conformity with as-built geometry"

Project #2 "Adding New Volumes in Geant4 Baseline Geometry"

Project #3 "Development of Learning Application for Visualization of Events and Facilities of ATLAS Detector"