

## РАСПРАЦОЎКА ШМАТКАМΠΑНАЕНТНАЙ ГІС З МАШТАБАВАННЕМ НА АСНОВЕ ВІРТУАЛІЗАЦЫІ

А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, А.А. Маркіна, Д.А. Пятроў,  
М.М. Шэшка, А.А. Шульган

Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь,  
dmitriykostiuk@bstu.by

*A distributed architecture for dynamic run of the geoinformation system elements based on the Kubernetes container virtualization platform is presented. The system architecture was developed within the flood monitoring and prediction system. The system core includes a database cluster with high availability based on the multi-server PostgreSQL relational database management system with asynchronous replication and the PostGIS extension to store geospatial data. The interaction of system components is discussed as well as the integration of pluggable modules to import data streams from external sources, and computing modules for updating the geodata layers based on the flood zone calculations. The issues of horizontal scaling and automation of planned system upgrades are discussed, as well as the possibility of integrating specialized time series storage tools.*

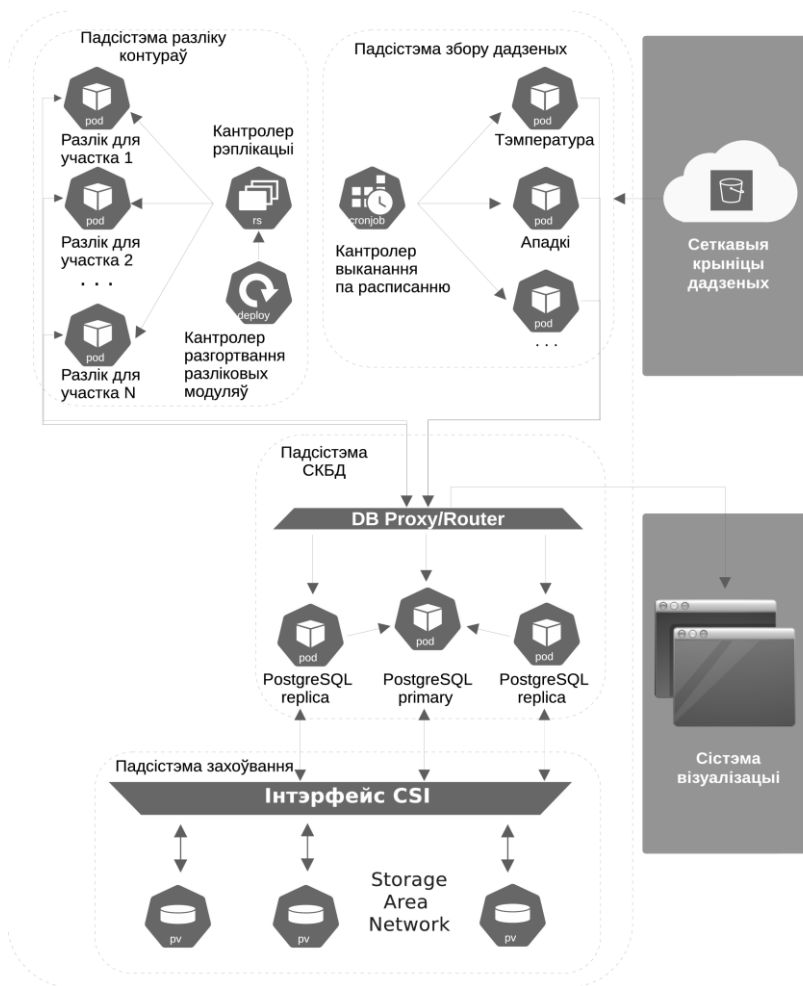
### Уводзіны

Сучасныя сістэмы віртуалізацыі і аркестроўкі віртуальных машын дазваляюць дасягнуць якасна новага ўзроўню праграмных сістэм з пункту гледжання зладжанай сумеснай працы іх кампанентаў, аўтаматычнага абнаўлення і маштабавання. У дадзенай працы разглядаюцца асаблівасці выкарыстання аркестратара віртуальных машын для стварэння размеркаванай геаінфармацыйнай сістэмы (ГІС) з функцыямі высокай даступнасці і магчымасцю аўтаматычнага аднаўлення пасля збояў. Падыход быў апрабаваны ў Брэсцкім дзяржаўным тэхнічным універсітэце пры праектаванні сістэмы візуалізацыі і прагназавання паводак [1, 2].

### Віртуалізацыя кампанентаў сістэмы

Распрацаваная архітэктара праграма комплексу пабудавана на платформе віртуалізацыі кантэйнераў Kubernetes, што забяспечвае паралельную працу праграмных модуляў. Архітэктара ўключае захоўванне ў кластары СКБД PostgreSQL з пашырэннем PostGIS, а таксама часавых шэрагаў, атрыманых ад сродкаў маніторынгу, пры іх наяўнасці; у гэтай жа СКБД прадугледжваецца захоўванне вынікаў паліганальных разлікаў для візуалізацыі размеркавання кліматычных і іншых параметраў і селіцэбнай інфармацыі. Выкарыстанне аркестратара кантэйнераў Kubernetes дазваляе аўтаматычна распаралельваць разлікі для адначасовай працы з зададзенай

колькасцю сегментаў тэрыторыі, а таксама забяспечвае гарызантальнае маштабаванне.



Малюнак 1. Архітэктурна сістэмы

Архітэктурна сістэмы, прадстаўленая на малюнку 1, уключае падсістэмы збору дадзеных, разліку контураў візуалізацыі, СКБД і захоўвання дадзеных. Падсістэма збору дадзеных уключае кантэйнерызаваныя модулі для планавага імпарту дадзеных са знешніх крыніц (пунктаў маніторынгу клімату). Падсістэма разліку контураў візуалізацыі ўключае кантролер разгортвання і рэплікацыі для дынамічнага запуску модуляў разліку палігонаў для ўсіх участкаў мадэлі тэрыторыі. Падсістэма базы дадзеных была пабудавана на аснове пастраліцыйнай

СКБД з пашырэннем PostGIS для геадазеных, а падсістэма захоўвання падае выявы дыскаў з неабходнымі файламі дадзеных кантэйнерызаваным кампанентам сістэмы, што забяспечвае магчымасць іх дынамічнага запуску і прыпынку.

Кантэйнеры СКБД PostgreSQL выкарыстоўваюцца сумесна з утылітай рэзервовага капівання і ўзнаўлення дадзеных pgBackRest, сеткавым пулам злучэнняў PostgreSQL pgBouncer і падсістэмай высокай даступнасці PostgreSQL на базе Patroni. Каардынаванае ўзаемадзеянне кампанентаў забяспечвае спецыялізаваны кантролер Kubernetes – апэратар, у якасці якога выступае Persona Operator for PostgreSQL.

Пры стварэнні новага карыстацкага рэсурсу або змене ці выдаленні існуючага апэратар аўтаматычна стварае/змяняе/выдаляе ўсе неабходныя аб'екты Kubernetes з прадусталяванымі наладамі, якія патрабуюцца для карэктнай працы кластара PostgreSQL. Функцыянал апэратара пашырае API Kubernetes за кошт карыстацкіх вызначэнняў рэсурсаў (CRD), з дапамогай якіх адбываецца дэкларатыўнае канфігураванне кластара карыстальнікам – сістэмным адміністратарам. Апэратар у адпаведны час разгортвае асобнікі СКБД PostgreSQL, пул злучэнняў pgBouncer і т. д., і кіруе імі. У яго задачу таксама ўваходзіць аўтаматычнае манітавінне дыскавых тамоў у працуючыя кантэйнеры з праграмнымі кампанентамі, што неабходна для рэалізацыі функцыяналу базы дадзеных у асяроддзі, арыентаваным у першую чаргу на размеркаванне сістэмы без захавання стану.

Для забеспячэння высокай даступнасці апэратар уключае прывязку афінітэту для запуску асобнікаў кластара PostgreSQL, вызначаных у яго прасторы імёнаў, на асобных працоўных вузлах, калі гэта магчыма. Вузлы з'яўляюцца ўзаемазаменымі, і калі вузел выходзіць з ладу ці губляе сеткавае падлучэнне, яго кантэйнеры аўтаматычна аднаўляюцца на іншым вузеле.

### **Масштабаванне сістэмы**

Важная перавага Kubernetes - прастата маштабавання кластара, т. е. дадання рэсурсаў ці модуляў і размеркавання іх па даступных вузлах. Вертыкальнае маштабаванне змяняе аб'ём вылічальных рэсурсаў або дыскавай прасторы, даступнай існуючым вузлам PostgreSQL. Гарызантальнае маштабаванне мае на ўвазе змену колькасці вузлоў у кластары (аналагічны механізм забяспечвае высокую даступнасць, у тым ліку дадатковыя вузлы для падтрымання працы сістэмы ў выпадку збою).

Даданне або памяншэнне рэсурсаў (ЦП ці памяці), даступных кантэйнерам, ажыццяўляецца шляхам рэдагавання адпаведных значэнняў у карыстацкім рэсурсе. Гарызантальнае маштабаванне больш праблематычна рэалізаваць у выпадку тыповых СКБД, першапачаткова прызначаных для выкарыстання на адным вузеле, бо іх архітэктурна не падзяляе падсістэму захоўвання і вылічальную нагрузку. Таму кластары будуюцца шляхам стварэння поўных залішніх копіяў адных і тых жа дадзеных. Адзін з экзэмпляраў бярэ на сябе задачу абслугоўвання запытаў на запіс і рэплікацыі даных на іншыя вузлы кластара, задачай якіх з'яўляецца абслугоўванне запытаў на чытанне. Пры гарызантальным маштабаванні запытаў на чытанне, калі колькасць кампанентаў кластара ў Kubernetes

павялічваецца, адзін з кампанентаў стварае рэзервовую копію дадзеных і адпраўляе яе на новы асобнік для аднаўлення.

Пры маштабаванні кластара прадукцыйнасць чытання істотна змяншаецца да завяршэння працэсу рэзервовага капіявання. Таму, у адрозненне ад вертыкальнага маштабавання, якое можа выконвацца адаптыўна па меры неабходнасці, гарызантальнае маштабаванне павінна выконвацца ўручную ці па графіку, які ўлічвае чаканыя пікі нагрузкі.

Асобнымі кампанентамі на мал. 1, якія пашыраюць функцыянал ГІС, з'яўляюцца падсістэма разліку контураў зоны затоплення, якая змяшчае вылічальныя модулі, і падсістэма збору дадзеных з модулямі маніторынгу. Вылічальныя модулі забяспечваюць разлік палігонаў для абнаўлення накладзеных пластоў геададзеных і вызначаюцца канкрэтным прызначэннем ГІС. У нашым выпадку гэта разлік контураў зон затоплення тэрыторыі падчас паводкі. Модулі маніторынгу займаюцца апытаннем сеткавых сэрвісаў ці прылад збору дадзеных (напрыклад, кліматычных). Паколькі і сэрвісы, і прылады дадзенай катэгорыі дастаткова разнастайныя, модулі збору дадзеных складана ўніфікаваць і яны ўяўляюць сабой індывідуальныя, але параўнальна простыя праграмныя коды. Іх задача - выканаць сеткавы запыт у рамках API вытворцы прылады або сэрвісу, атрымаць дадзеныя з адказу і загрузіць у базу дадзеных новыя значэнні пэўнага часовага шэрагу.

### **Захоўванне дадзеных часовага рада для маніторынгу**

У цэлым рэляцыйныя СКБД не дазваляюць эфектыўна працаваць з спарадкаваным наборам элементаў часавых шэрагаў. Найбольш прадукцыйным рашэннем у рамках дадзенай архітэктуры з'яўляецца выкарыстанне пашырэння PostgreSQL TimescaleDB. Аднак у шэрагу выпадкаў уласная рэалізацыя механізму захоўвання часовых шэрагаў у рэляцыйнай СКБД аказваецца пераважней выкарыстання спецыялізаванага рашэння, нягледзячы на яго функцыянальнасць і аптымізацыю. У гэтым выпадку выкарыстоўваецца цэнтралізаваная табліца, у якой захоўваюцца дадзеныя па пэўных вымярэннях (значэннях часавых шэрагаў) з унікальнымі складовымі ключамі, якія аб'ядноўваюць першасныя ключы "табліц вымярэнняў", якія ў сваю чаргу змяшчаюць атрыбуты вымяраных параметраў. Пры злучэнні табліц выкарыстоўваецца альбо схема «зорка» (з паменшанай колькасцю табліц і хутчэйшымі запытамі за кошт дэнармалізацыі табліц вымярэнняў), альбо схема «сняжынка» (з вялікай колькасцю табліц і больш поўнай нармалізацыяй) [3]. У нашым выпадку замест пашырэння TimescaleDB выкарыстоўвалася схема "зорка". У прыватнасці, гэта дазволіла выкарыстоўваць кантэйнеры PostgreSQL з PostGIS з рэстра Docker, на працу з якім разлічаны аператар і якія ён можа аўтаматычна абнаўляць па меры выхаду новых версій, аператыўна ўхіляючы магчымыя ўразлівасці.

### **Спіс выкарыстаных крыніц**

1. Volchak, A.A. Estimating the socio-economic damage caused by river flooding / A.A. Volchak, D.A. Kostyuk, D.O. Petrov, N.N. Sheshko // Modern technologies for solving actual society's problems. – Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. – Chapter 2.9. – P. 235–241.

2. Volchek A. A system for visualization and prediction of floods on lowland rivers / A. Volchak, D. Kostiuk, D. Petrov, N. Sheshko // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2023). Artificial Universe: New Horisont: Proceedings of the 16th International Conference (Belarus, Minsk, October 17–19, 2023). – Minsk: BSU, 2023. – Pp. 324–327.

3. Dubitsky, A.V. Free DBMS for storing time series / A.V. Dubitsky, A.A. Markina // New horizons – 2018. Collection of materials of the Belarusian-Chinese youth innovation forum in 2 volumes. Vol.2. – Minsk, November 15–16, 2018. – P. 136–137.

УДК 621.391.25

## **СОЗДАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ANSYS ДЛЯ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТА**

**В. В. Напрасников<sup>1</sup>, Ван Цзыжуй<sup>2</sup>, Чжан Цзыхан<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,  
naprasnikov@gmail.com

<sup>2</sup> Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,  
610958034@qq.com

*On the example of using optimization capabilities of ANSYS in relation to a class of machine-building structures, the approach for selecting rational parameters of the project is presented.*

### **Введение**

Разработка прикладного программного обеспечения в современных условиях часто опирается на использование специализированных встроенных языков программирования для промышленных программных комплексов. В частности, при создании рациональных проектов сложных машиностроительных конструкций может быть использован язык APDL, позволяющий подготовить параметрическую модель, которая в дальнейшем работает совместно с оптимизационными алгоритмами.

### **Пример создания оптимизационной модели ANSYS для выбора рациональных параметров проекта**

Целью настоящей работы является формирование последовательности операций по построению проекта машиностроительной конструкции на основе специализированных языков программирования для конечно-элементного моделирования систем.

На начальном этапе построим параметрическую модель объекта с использованием языка APDL. На рисунке 1 представлен код части этой программы.