

## INFORMATION TECHNOLOGY

### Процеси автоматизації динамічних геоінформаційних систем у задачах моніторингу регіональних ресурсів

О. В. Зарицький<sup>1</sup>, О. Б. Костенко<sup>1</sup>, О. І. Чуб<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

\*Corresponding author. E-mail: sazcheg@ukr.net

Paper received 15.07.20; Accepted for publication 25.07.20

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-233VIII28-10>

**Анотація.** Статтю присвячено окремим процесам автоматизації динамічних геоінформаційних систем для задач здійснення моніторингу регіональних ресурсів. В роботі представлено аналіз ряду розроблених продукційних правил із застосуванням методу дерева рішень. Розглянуто особливості використання паралельних обчислень під час обробки великих масивів даних інформаційних систем з використанням та планування територій. Наведено спосіб передачі, зберігання та візуалізації масивів геопросторових даних динамічної ГІС у форматі XML. Запропоновано підхід щодо автоматизації документообігу результатів пілотного проектування при опрацюванні геопросторових даних.

**Ключові слова:** динамічна геоінформаційна система, моніторинг, регіональні ресурси, продукційні моделі, відтворення даних, паралельні обчислення, документообіг.

**Вступ.** Зі стрімким розвитком технологій успішний розвиток господарської діяльності забезпечується за допомогою розгортання інформаційних систем (ІС) та здійснення моніторингу.

Опрацювання великих обсягів інформації, зміни у нормативному полі, оперативне вирішення поточних завдань потребують швидкого прийняття рішень, узгодження в динаміці [1]. Таким чином стає актуальним належне проектування потужної інфраструктури даних, збільшується потреба в розгортанні динамічних геоінформаційних систем (ДГІС) – інтегрованих систем геопросторових даних, які здатні відразу транслювати зміни у корисну інформацію [2].

Моніторинг у загальному розумінні передбачає систему збирання, реєстрації, зберігання та аналізу невеликої кількості ключових ознак або параметрів опису певного об'єкту для винесення судження про його поведінку та стан в цілому [3].

Моніторинг необхідний при систематичному відстеженні таких регіональних ресурсів, як: водні, енергетичні, інформаційні, земельні, кліматичні, лікувальні, мінеральні, рекреаційні, рослинні та тваринні. Згідно [4 – 5] проведення моніторингу регіональних ресурсів забезпечується створенням відкритої динамічної інформаційної системи (ДІС), яка відображає стан розвитку регіонів України та забезпечує прозорість представлених даних.

В цьому контексті важливим є розвиток таких ІС, як кадастри, ГІС та бази геопросторових даних (БГД) [6], з якими пов'язані державні обліки, реєстри та статистичні звіти.

Сучасні динамічні ГІС містять ряд показників, що змінюються в часі за своєю суттю, або законодавчо, та інформація про які є неповною. Розуміння причин відсутності частини даних є важливим для коректної обробки всього масиву даних. Якщо значення повністю відсутні у випадковому порядку, вибірка даних, ймовірно, ще є репрезентативною для населення. За інших обставин аналіз може бути упередженим.

Рівень розгортання, деталізації інформаційного представлення в динамічних ГІС залежить від вимог

цільового користувача, масштабу охоплення територій, якості зібраної інформації тощо. Очевидним є пошук мінімізації ресурсних витрат для забезпечення швидкого прийняття рішень щодо питань проектування, планування, оновлення та представлення результатів.

З плином часу інформація, яка міститься у вихідних даних звітів, ускладнюється та збільшується в об'ємах. Також змінюється уявлення щодо друкованого документа, оскільки він може містити такі компоненти, як графіки, зображення, складні розрахунки, діаграми та багато іншого.

Отже, в процесі побудови моніторингу регіональних ресурсів виникає ряд проблем, які заважають належному проектуванню ДГІС: неоднорідність даних в діючих ІС; дублювання та конфліктність інформації в реєстрах та системах як у паперовому так і в електронному вигляді; відсутність деяких відомостей в регіональних ІС; складнощі використання значних масивів архівних матеріалів; нові вимоги до змісту електронних документів про окремі геопросторові об'єкти при переході на європейські стандарти ведення банку географічної інформації; більшість проектних рішень в тематичних ІС досі реалізуються без урахування майнової структуризації території; існує потреба у відкритості та актуальності відомостей про майнові об'єкти; зміни в адміністративно-територіальному устрої.

Виникає необхідність у розробленні нових підходів побудови ГІС регіональних ресурсів. Така технологія має передбачати два випадки, які стосуються:

- обробки значного об'єму вже накопичених за минулі роки даних в інформаційних системах;
- побудови системи, що реалізує процедуру відтворення пропущених даних із застосуванням продукційної моделі та паралельних обчислень під час обробки великих масивів даних.

**Короткий огляд публікацій.** Для здійснення ефективного використання та планування регіональних ресурсів існує багато інформаційних і технологічних напрямів, які розглянуті у дослідженні [7].

У роботі [8] запропоновано встановлювати порядок інформаційної взаємодії між ІС для виключення дуб-

люючих процесів.

У роботі [9] першовідомості ІС нижчого порядку представляються як посилання через ключі в усіх інших ІС вищого порядку. Розглянуто метод уніфікації з ранжуванням, що створює базис для формування нової кваліфікованої структури динамічної ГІС та БГД. Такий підхід все ще не забезпечує від пропущених даних, але визначені ранги підсистем дозволяють розробляти в подальшому чіткі нормативно-правові правила щодо відтворення таких даних в процесі інформаційної взаємодії.

При опрацюванні інформації регіональних ІС можливі випадки пропущених даних або «missing data», що в державному комплексі стандартів [10] визначається, як значення, що не є готовими для постачальника даних. Дані часто відсутні загалом або містять помилки. Ці форми невизначеності даних мають різний вплив на обґрунтованість висновків в дослідженнях: відсутні повністю випадковим чином, відсутні випадково і відсутні не випадково [11]. Деякі пропущені дані концептуально і тимчасово в роботі [12] пропонується замінювати відомими значеннями.

В дослідженні [13] наголошується, що маркування пропущених даних на основі валідації допомагає визначити пропущені відомості про об'єкти для коригування. Автори продемонстрували методи для вирішення таких завдань, що дозволяють визначити обсяги помилок та способи їх виправлення.

У роботі [14] визначені переваги та недоліки виконання лінійних та паралельних алгоритмів обробки даних. Однак, паралельні обчислення в ІС є актуальними при здійсненні операцій над функціями відтворення пропущених даних.

В статті [15] розглядаються спеціальні програмні компоненти що дозволяють автоматизувати процес створення документів на основі просторових та операційних даних.

**Мета роботи.** Побудова методу вирішення проблеми невизначеності та оновлення відомостей, обробки великих масивів даних інформаційних систем планування та використання територій при формуванні, відновленні та використанні геопросторових даних у задачах моніторингу регіональних ресурсів, що заснований на продукційній подання даних.

**Результати та їх обговорення.** Згідно результатів попередніх досліджень уніфікований склад відомостей дозволяє побудувати нормативно прийнятні складові підсистем (класи, домени) [7].

Утворені структурні зв'язки в БГД у такому разі є відображенням геометрично-правових правил в системі планування(рис. 1).

На рис. 1 показано, як при формуванні просторових класів геопросторових об'єктів газорозподільної мережі уніфікованої ІС містобудівного кадастру (ІС МК<sup>U</sup>) застосовуються дані з наявних, раніше сформованих відомостей ІС транспорту, енергетики та зв'язку (ІС ТЕЗ<sup>U</sup>).

Значна частина (80%) інформації про навколишнє середовище сприймається людиною візуально. Створення візуальних засобів опису даних, що зберігаються в традиційних табличних базах даних стає можливим за допомогою формату XML. Така структура організації даних активно використовується в ІС, пов'язаних з

геопростором.



Рис. 1. Принцип формування класу газорозподільної мережі в ІС МК<sup>U</sup>

Використання XML уможливує часткове оновлення збережених даних. Це означає, що при зміні окремих відомостей в базі даних не обов'язково повністю оновлювати структуровані дані. Крім того, застосування XML дозволяє стандартизувати бази геоданих та системи обміну інформацією (серія стандартів ISO 19100).

Для того щоб побудована модель динамічної ГІС була нормативно прийнятною, пропущені дані пропонується коригувати за допомогою продукційної моделі представлення знань у вигляді правил виду «якщо (умова), то (дія)».

Оскільки ранги підсистем наявних відомостей вказують на послідовну залежність одних підсистем від інших, характер зв'язків між підсистемами стає однозначним. Таким чином, уніфікація з ранжуванням усуває окремі недоліки продукційних моделей: неясність відношень правил; складність оцінки знань; складність перевірки несуперечності продукцій; недетермінованість.

На першому етапі побудови продукційної моделі визначаються інформаційні шари (класи), які пов'язані з відтворюваними відомостями. Другий етап складається з розробки сценарію та алгоритму відтворення пропущених відомостей щодо об'єктів дослідження.

Принцип реалізації продукційної моделі та алгоритму відтворення відомостей розглянемо на двох прикладах:

- відновлення пропущених земельних ділянок в житловій зоні населеного пункту;
- оновлення значень атрибутів геопросторових об'єктів класу «Дерева», як представників лісових насаджень.

Інформаційні шари (класи) характеризують земельні ділянки та представників лісових насаджень (дерева). На рис. 2 наведено один із сценаріїв відтворення пропущеної інформації, за яким відомо, яку саме ділянку пропущено, і якою має бути допустима нормативна площа в даному житловому масиві. Програмна реалізація алгоритму відтворення пропущених даних виконана в середовищі розробки Digital [16] за допомогою вбудованої мови програмування скриптів.

Вихідною є інформація, яку відновлено за допомогою алгоритму відтворення пропущених даних. Інформація виводиться на монітор, а також зберігається у

файлі формату XML з записом відомостей про відновлені об'єкти.

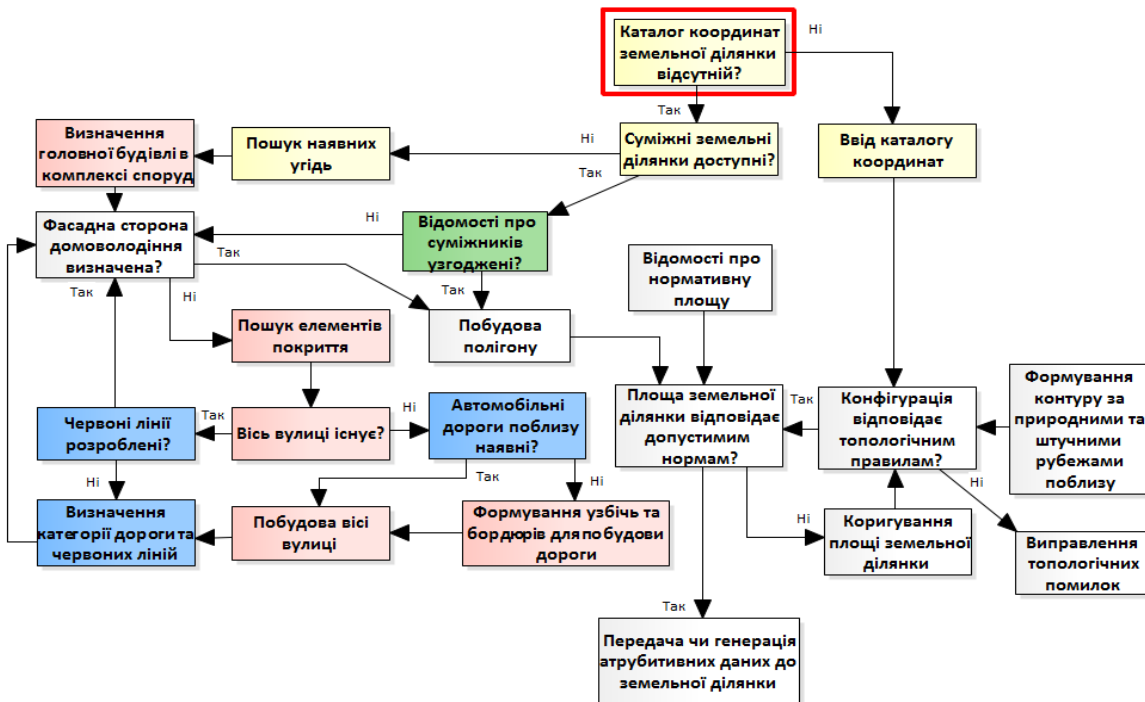


Рис. 2. Сценарій відтворення пропущеної інформації для класу «Земельні ділянки» (зabarвлені блоки відповідають відомостям окремих підсистем)

Такий підхід дозволяє виправляти пропущені дані повноцінно або в межах, дозволених нормативними документами (рис. 3).

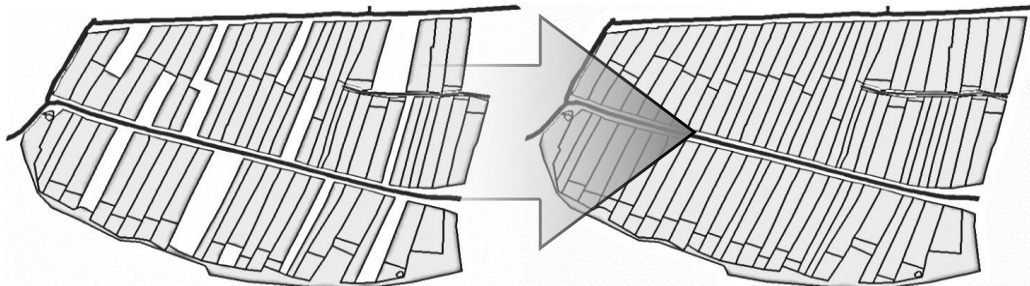


Рис. 3. Візуалізація відтворення земельних ділянок у ПЗ «Digitals»

Програмна реалізація також включає візуалізацію масивів геопросторових даних на основі визначення геометричних примітивів об'єктів у файлі, параметризації цих об'єктів та пошарового виведення на екран.

Аналіз наявного арсеналу засобів обробки інформації визначив два концептуально різних підходи для проектування інформаційної системи: лінійні та паралельні обчислення. На думку авторів більш перспективним є паралельна методологія обробки масивів даних, яку представлено нижче.

Для реалізації паралельного обчислення обрано метод AsParallel() бібліотеки PLINQ мови програмування C#.

Таким чином реалізовано наступний алгоритм: звернення до бази даних → визначення предмету помилки та обрання відповідного правила → визначення методу обробки (лінійний або паралельний) → система звертається до ядер процесора та виконує обробку згідно обраних функцій (правил) → запис результатів відновлення даних.

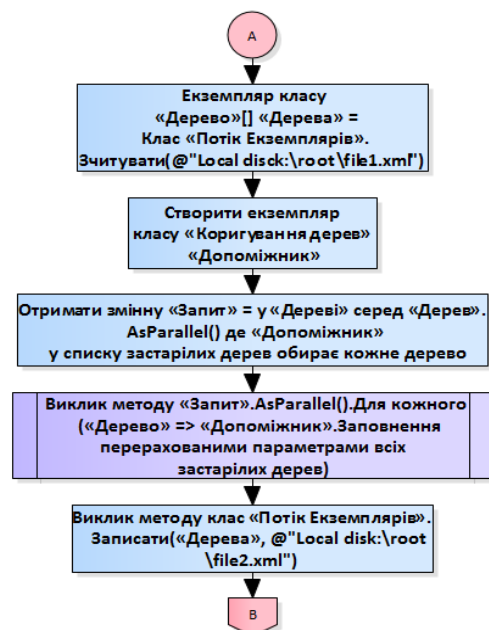


Рис. 4. Концептуальна схема відтворення пропущених даних на основі паралельних обчислень

Концептуальну схему відтворення пропущених даних за допомогою продукційної моделі на основі паралельних обчислень, застосовану для відновлення інформації класу «Дерева», надано на рис. 4.

Для порівняння результатів лінійних та паралельних обчислень обрано невелике лісове насадження з кількістю екземплярів класу «Дерева» у 3225 одиниць. Використовуючи розроблену продукційну модель актуалізації відомостей, мовою C# реалізовано два підходи, один з яких був доповнений паралельним обчисленням. У табл. 1 показано результати виконання двох алгоритмів відтворення втрачених даних відповідно на одному та чотирьох процесорах.

**Таблиця 1.** Порівняння результатів обробки даних на одному та декількох процесорах

| Модель                        | Процесор                                 | Результат | Лінійні обчислення, сек | Паралельні обчислення, сек |
|-------------------------------|--|-----------|-------------------------|----------------------------|
| Laptop Toshiba Satellite L655 | Intel(R) Core(TM) i5 CPU M 460 @ 2.53GHz | 1         | 0,7811523               | 0,1090094                  |
|                               |  | 2         | 0,7700069               | 0,1168123                  |
|                               |  | 3         | 0,7450330               | 0,1481569                  |
|                               |  | 4         | 0,7750003               | 0,1389646                  |
|                               |  | 5         | 0,7888944               | 0,1199223                  |

На порівняно незначній за рівнем завантаженості задачі (відтворення відомостей екземплярів одного лісового масиву) результати паралельного обчислення в середньому більше ніж у 6 разів швидше за лінійні. Якщо виконувати обробку даних лісових масивів всієї області або країни і додати ряд інших складноструктурованих запитів щодо відтворення відомостей, то застосування паралельних обчислень можна вважати цілком виправданим.

Кінцевим етапом побудови моніторингу регіональних ресурсів після валідації, відтворення пропущених даних та візуалізації є створення проектної, або звітної, документації.

Процес роботи зі звітами можна представити у такій послідовності: впорядкування графічного та нормативного контенту → обрання шаблону документації → формування сторінок звіту → попередній перегляд результатів → демонстрація проектних документацій, звітів, презентацій.

Процес обрання шаблону документації в основному залежить від тематики відомостей, що надходять, та нормативного підґрунтя формування звіту. Дані особливості прямо впливають на дизайн сторінок шаблону документа.

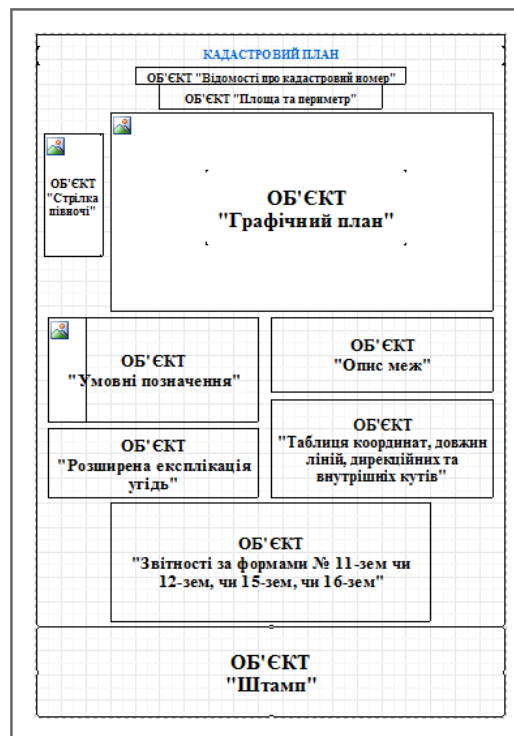
Для прикладу розглянемо один з базових картографічних матеріалів ІС «Державний земельний кадастр»<sup>U</sup> – кадастровий план земельної ділянки. Дизайн сторінки кадастрового плану має свої обмеження та правила щодо наповнення контенту. Відповідно до вимог щодо вмісту документу розробляються складові об'єкти сторінки звіту (рис. 5).

Для того, щоб у кожному об'єкті сторінки відображався відповідний вміст даних, необхідно попередньо виконати етап впорядкування графічного та нормативного контенту.

Оскільки зберігати та передавати контент БГД передбачається у XML-форматі, то і для ІС «Державного земельного кадастру»<sup>U</sup> необхідно сформулювати необхідний діапазон відомостей у належному вигляді.

Кожен такий кортеж відомостей є результатом послідовного вилучення з БГД необхідних даних, які потім транспортуються до ядра генератора звітів.

Для реалізації задачі побудови звітної інформації застосовано програмний продукт «FastReport» [17], що являє собою поєднання дизайнера та генератора звітів. Має різні можливості для платформ WinForms, ASP.NET і MVC Framework, сумісний та частково інтегрований своїм функціоналом з картографічним редактором «Digitals».



**Рис. 5.** Концепт наповнення сторінки «Кадастровий план» для технічної документації із землеустрою

**Висновки.** Запропоновано процедуру відтворення пропущених даних в ІС за допомогою продукційної моделі із застосуванням паралельних обчислень під час обробки великих масивів даних.

Запропоновано спосіб передачі, візуалізації та зберігання впорядкованих геопросторових даних за допомогою XML-структур.

Результати візуалізації у поєднанні з нормативним наповненням готові для подання до обговорення громадою. Така документація може бути перспективним планом розвитку або проектним рішенням для досліджуваної території.

Представлені процеси можуть стати складовою методології побудови моніторингу регіональних ресурсів, яка дозволить нормативно створювати варіанти моделей перспективного розвитку території.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Drummond J., eds. Dynamic and mobile GIS: investigating changes in space and time // Boca Raton, FL: CRC Press, 2007.  
 2. Albrecht J. Dynamic GIS // CUNY Academic Works, 2008, 13р.  
 3. Мартин А. Г. Реформування системи моніторингу земель в Україні: напрями та механізми // Землепорядний вісник.

- 2017, № 11, С. 22-25.
4. Про затвердження Положення про регіональні кадастри природних ресурсів : Постанова КМУ від 28.12.2001 № 1781 // Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/1781-2001-%D0%BF> (дата звернення: 14.02.2019).
  5. Land administration in the UNECE region: Development trends and main principles // UNECE, Technical Chamber of Greece, 2005.
  6. Про затвердження Порядку інформаційної взаємодії між кадастрами та інформаційними системами: Постанова КМУ від 03.06.2013 № 483 // Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/483-2013-%D0%BF> (дата звернення: 04.02.2019).
  7. Боровий В. О., Костенко О. Б., Зариський О. В. Ранжування інформаційних систем галузей господарської діяльності // Новітні технології. – 2017. – №2(4). – С. 5–14.
  8. Костенко О. Б., Зариський О. В. Динамічна геоінформаційна система на основі Зонінгу в умовах невизначеності геопросторових даних // Информационные системы и технологии: материалы 5-й Международ. науч.-техн. конф., Харьков, 12-17 сент. 2016 г.: тез. докл. – Х.: Друкарня Мадрид, 2016.
  9. Боровий В. О., Зариський О. В. ГИС-технології в геодезії та землеустрої : монографія. – К.: ТОВ "ВІСТКА", 2017. – 252 с.
  10. COY ISO 19136:2009 "Обмінний формат геопросторових даних на основі географічної мови розмітки GML (ISO 19136:2007)" // Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/2703214> (дата звернення: 04.02.2020).
  11. Зариський О. В., Булаєнко М. В., Костенко О. Б. Відтворення пропущених даних території геопростору за допомогою продукційної моделі на основі паралельних обчислень // Інформаційні системи і технології в міському просторі : монографія – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – С. 138-158.
  12. Codd E. F. Missing Information (Applicable and Inapplicable) in Relational Databases // [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1145/16301.16303>. (дата звернення: 04.02.2020).
  13. Zarytskyi O. V., Kostenko O. B., Bulaienko M. V. Marking of Incomplete Information in the Databases of Topographic Data Using Validation // Information systems and innovative technologies in project and program management : monograph – Riga: ISMA, 2019. – P. 185-197.
  14. Falklev E. H. Mapping of solar energy potential on Tromsøya using solar analyst in ArcGIS. MS thesis. UiT The Arctic University of Norway, 2017.
  15. Погромська Г. С., Махровська Н. А. Засоби генерації звітів: порівняльний аналіз та тенденції розвитку // Геометричне моделювання та інформаційні технології. – 2016. – № 2. – С. 84-92.
  16. Digitals. Использование в геодезии, картографии и землеустройстве // [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://www.vinmap.net/book/apd.html>. (дата звернення: – 12.04.2020).
  17. FastReport.Net. Руководство программиста // [Електронний ресурс] – Режим доступу URL: [https://www.fastreport.ru/public\\_download/FRNetProgrammerManual-ru.pdf](https://www.fastreport.ru/public_download/FRNetProgrammerManual-ru.pdf) – 12.04.2019 г.

#### REFERENCES

3. Martyn A. G. Reforming the land monitoring system in Ukraine: directions and mechanisms // Land Management Bulletin, 2017, No. 11, pp. 22-25.
4. On approval of the Regulation on regional cadastres of natural resources: Resolution of the CMU 28.12.2001 № 1781 // Electronic resource. - Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1781-2001-%D0%BF> (accessed 20 May 2020).
6. On approval of the Order of information interaction between the State land cadastre, other cadastres and information systems: Resolution of the CMU from 03.06.2013 № 483 // Electronic resource. - Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/go/483-2013-%D0%BF> (accessed 20 May 2020).
7. Borovyi V. O., Kostenko O. B., Zarytskyi O. V. Ranging of information systems of economic activity sectors // Emerging Technologies, 2017, No. 2(4), pp. 5-14.
8. Kostenko O. B., Zarytskyi O. V. Dynamic geoinformation system on the basis of Zoning in conditions of uncertainty of geospatial data // Information Systems and Technologies : Materials of the 5th International Scientific and Technical Conf., Kharkiv, September 12-17, 2016, Drukarnia Madrid, Kharkiv.
9. Borovyi V. O., Zarytskyi O. V. GIS technology in surveying and land management: monograph – Kyiv: Ltd. “VISTKA”, 2017 – 252 с.
10. SOU ISO 19136:2009 Geographic information – Geography Markup Language (GML) (ISO 19136:2007) // Electronic resource. - Access mode: <https://www.twirpx.com/file/2703214> (accessed 20 May 2020).
11. Zarytskyi O. V., Bulaenko M. V., Kostenko O. B. Reproduction of the missing data of territories of geospace by means of production model on the basis of parallel calculations // Information Systems and Technology in Urban Space: Monograph, O. M. Beketov NUUE, Kharkiv, 2019, pp. 138-158.
15. Pogromska G. S., Maxrovska N.A. The reporting tools: comparative analysis and trends of development // Geometric Modeling and Information Technology, No. 2, pp. 84-92.

#### Automation processes of dynamic geographic information systems in the tasks of regional resources monitoring

O. V. Zarytskyi, O. B. Kostenko, O. I. Chub

**Abstract.** The article is concerned with single automation processes of dynamic geographic information systems in the tasks of regional resources monitoring. In the paper a review is given of the analysis of a number of the developed production rules with application of a method of a tree of decisions. Features and parallel calculations during processing of large data sets of information systems on use and planning of territories are considered. The method of transmission, storage and visualization of geospatial data arrays of dynamic GIS in XML format is provided. An approach to the automation of document flow of the results of pilot design in the processing of geospatial data is proposed.

**Keywords:** dynamic GIS, monitoring, regional resources, production models, data reproduction, parallel calculations, document flow.