

УДК 004

Ялова К.М.

Дніпровський державний технічний університет

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ МІСТА

Ялова К.М. Концептуальні положення автоматизації моніторингу стану зелених насаджень міста. У статті розглядаються результати аналізу предметної області щодо розв'язку завдання автоматизації процесу моніторингу стану зелених насаджень міста (на прикладі Дніпропетровського регіону) та пропонуються її функціональна AS-IS модель, що відображає особливості інвентаризації та обліку об'єктів зеленого господарства. Представлений алгоритм діджиталізації процесу моніторингу та розроблена модель відповідають вимогам адекватності, незалежності від програмних засобів, універсальності та можуть бути ефективно застосовані при розробці інформаційної системи, як інструментарію підвищення якості інформаційних процесів описаної предметної області

Ключові слова: автоматизований моніторинг стану зелених насаджень, функціональна модель предметної області, інформаційна система, алгоритм.

Яловая Е.Н. Концептуальные положения автоматизации мониторинга состояния зеленых насаждений города.

В статье рассматриваются результаты анализа предметной области относительно автоматизации процесса мониторинга состояния зеленых насаждений города (на примере Днепропетровского региона) и предлагается ее функциональная AS-IS модель, которая отображает особенности инвентаризации и учета объектов зеленого хозяйства. Представленный алгоритм диджитализации процесса мониторинга и разработанная модель отвечают требованиям адекватности, независимости от программных средств, универсальности и могут быть эффективно применены при разработке информационной системы, как инструментария повышения качества информационных процессов описанной предметной области.

Ключевые слова: автоматизированный мониторинг состояния зеленых насаждений, функциональная модель предметной области, информационная система, алгоритм.

Yalova K. Conceptual propositions of the city's green plantations monitoring automation.

Results of the data domain analysis concerning automation of the city's green plantations condition monitoring are considered in the article (on the example of the Dnipropetrovsk region). The data domain AS-IS functional model, displaying green plantations inventory and registration features, is proposed in the article. The presented monitoring digitalization algorithm and the developed model meet the requirements of the adequacy, independence from software, universal and have all possibilities to be an effective tool for data domain information processes quality improvement and automated information system development.

Keywords: automated green plantations monitoring, data domain functional model, information system, algorithm.

Постановка наукової проблеми. Результати щорічного екологічного рейтингу найзабруднених міст України демонструють невпинне лідерство міст Дніпропетровського регіону.

Так за даними рейтингу 2018 р. [1] середнє значення індексу забруднення повітря міст Дніпропетровського регіону становить 11,8, що майже втричі перевищує безпечний рівень забруднення. Зважаючи на постійне промислове забруднення повітря, заходи щодо підтримки належного стану зелених насаджень (ЗН) в містах та навколо них є вкрай актуальною задачею. ЗН міста – це сукупність деревини, кущів та трав'янистих насаджень, що виконують функції, пов'язані зі створенням оптимальних умов для праці і відпочинку мешканців [2]. Роль ЗН у містах неоцінена: вони впливають на газовий склад повітря, утилізуючи вуглекислий газ, сприяють оздоровленню повітряного басейну, формують мікроклімат, захищають від пилу за рахунок її затримки на найдрібніших ворсинках листя [3]. Однак приблизно 60% дерев міст Дніпропетровського регіону мають вік 50-70 років і потребують на пильний догляд, своєчасну обрізку крони, прибирання сухих частин дерева, омолодження або спилування аварійних дерев. Щорічно старі та недоглянуті насадження не витримують природних явищ: буревіїв, хуртовин, штормових вітрів та стають причиною знеструмлення вулиць, нанесення матеріальних збитків та становлять загрозу життю мешканцям. Без створення та впровадження ефективних екологічних планів щодо омолодження ЗН, посилення відповідальності за збереження насаджень підприємствами, на території яких вони розташовані, контролю за самовільним спилуванням дерев – через 15-20 років міста Дніпропетровщини можуть перетворитися на пустелю.

Наразі для ведення обліку ЗН застосовується низькоефективна паперова технологія обробки інформації, а дані стосовно кількісного та якісного, дендрологічного та фітосанітарного стану насаджень мають фрагментарний, вкрай приблизний характер. Застосування інформаційних технологій (ІТ) та автоматизованої обробки інформації може значно підвищити якість інформаційних процесів, пов'язаних з інвентаризацією, обслуговуванням та розробкою рішень щодо озеленення та раціонального використання ЗН.

Аналіз досліджень. Розв'язку задачі моніторингу та оптимізації обліку дендрологічного та фітосанітарного стану ЗН міст Дніпропетровського регіону присвятили свої наукові праці такі

науковці як: В.М. Ловинська, І.А. Зайцева, О.А. Пономарьова, А.В. Тищенко [4-6] та ін. В своїх роботах вони обґрунтовують доцільність актуалізації даних щодо стану ЗН міст. Основний напрямок досліджень перелічених авторів – це методи, способи, засоби оцінювання дендрологічного та фітосанітарного стану ЗН Дніпропетровського регіону. Питанням підвищення якості моніторингу стану ЗН за рахунок впровадження ІТ займалися такі науковці як: А.Р. Яцольт, В.В. Івчанська [7], С.О. Бовсуновський, О.В. Рябчевський, К.Ю. Браткова [8], П.Г. Хомюк, О.Г. Часковський, М.М. Король, Р.Р. Вицега [9]. Не зважаючи на глибину проведених наукових досліджень, питання діджиталізації процесу моніторингу стану ЗН міста, розробки, впровадження та ефективного застосування ІТ в цьому процесі залишається актуальним науково-практичним завданням. Доцільно зауважити, що запропоновані автором рішення відповідають завданням та сфері реалізації п.3.3 «Розвиток екомережі та рекреаційних зон» Стратегії розвитку Дніпропетровської області до 2020р. [10], що полягає у проведенні інвентаризації ЗН у містах та районах Дніпропетровської області, поліпшення стану ЗН та стану природоохоронних територій.

Виклад основного матеріалу. Моніторинг стану ЗН здійснюється з метою оцінки їх стану та динаміки якісних змін, в тому числі негативних (порушення життєвої стійкості, пошкодження і знищення природними або антропогенними факторами тощо). До цілей моніторингу також відноситься контроль за ефективністю виконання природоохоронних заходів щодо поліпшення якості ЗН, прогнозу їх стану, інформаційного забезпечення господарської діяльності в галузі створення, утримання, контролю та охорони ЗН. Інвентаризація та моніторинг ЗН здійснюється з метою [11]:

- одержання достовірних даних щодо кількісних і якісних характеристик ЗН;
- посилення відповідальності за збереження ЗН балансоутримувачів, власників чи користувачів земельних ділянок, підприємств, організацій, установ, на території яких вони розташовані;
- сприяння створенню та формуванню високодекоративних і екологічно ефективних та стійких до несприятливих умов навколишнього природного середовища ЗН;
- використання даних інвентаризації під час розробки програм розвитку зеленого господарства міст;
- відновлення, реконструкції та експлуатації об'єктів зеленого господарства та проведення в необхідних випадках профілактичних, лікувальних заходів; організації невиснажливого використання озелених територій;
- установлення відповідності кількості ЗН до чинних будівельних та санітарних норм.

Актуальність запропонованих рішень продиктована задачами, що постали перед державними органами Дніпропетровського регіону в умовах поглиблення екологічних проблем та негативного впливу невпинного скорочення кількості ЗН міст на індекс забрудненості повітря. Окрім того, неналежний стан моніторингу за фітосанітарним і дендрологічним станом насаджень та несвоєчасне прибирання сухостою щороку призводить до нещасних випадків, нанесення шкоди мешканцям міста та їх майну. Внаслідок чого виникає необхідність створення інформаційної бази для прийняття ефективних управлінських рішень стосовно раціонального використання озелених територій, посилення контролю за збереженням насаджень, запобігання самовільної вирубки дерев, розробки заходів із реконструкції та омолодження існуючого фонду ЗН. Якість моніторингу та обліку ЗН доцільно підвищити за рахунок заміни паперової технології обробки даних на сучасні, високоефективні механізми та інструментарії ІТ. Одним із можливих шляхів діджиталізації процесу моніторингу стану ЗН є розробка та впровадження ІС, застосування якої дозволить скоротити час обробки статистичних та ретроспективних даних, забезпечить повноту, достовірність та своєчасність видачі інформації, необхідної для прийняття ефективних управлінських рішень.

Основну інформаційного забезпечення ІС складає нормативно-правова база України, що регламентує процес інвентаризації та створення паспортів ЗН міст, а саме:

- Положення про державну систему моніторингу довкілля, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.98 р. за № 391;
- Інструкція з технічної інвентаризації ЗН у містах та селищах міського типу України, затверджена Державним комітетом будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 р. за № 226;
- Правила утримання ЗН у населених пунктах України, затверджені наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства 10.04. 2006 р. за №105;
- Інструкція про порядок проведення інвентаризації об'єктів нерухомого майна, затверджена наказом Держбуду України від 24.05.2001 р. за №127;
- Методика визначення відбудовної вартості ЗН, затверджена наказом Міністерства з питань жилого-комунального господарства України від 12.05.2009 р. за №127;

- Порядок видалення дерев, кущів, газонів і квітників у населених пунктах, затверджений постановою КМУ від 01.08.2006 р. за №1045.

Цільовою аудиторією ІС можуть бути:

- департамент екології та природних ресурсів в ході проведення обов'язкових інвентаризацій ЗН міста, видачі дозвільних документів на спилування дерев, створення планів омолодження ЗН та озеленення міста;

- балансоутримувачі, власники або орендатори земельних ділянок, установ, підприємств і організацій, на території яких розташовані багаторічні ЗН;

- природоохоронні громадські та державні організації з метою посилення заходів із охорони навколишнього середовища та контролю за самовільним знищенням ЗН;

- мешканці міста за умови надання ефективного, зрозумілого он-лайн сервісу оповіщення про зміни стану ЗН та формування заявок на прибирання аварійних дерев і їх частин, скорочуючи відстань між мешканцями та організаціями, відповідальними за реалізацію догляду за станом ЗН.

Вивчення та аналіз початкових даних стосовно процесу обліку та інвентаризації ЗН міста, що здійснюються засобами існуючої ручної технології обробки інформації, дозволили розробити модель предметної області (ПрО) AS-IS, перший рівень декомпозиції якої відображений у графічній формі на рисунку 1 засобами функціонально-орієнтованої методології IDEF3.

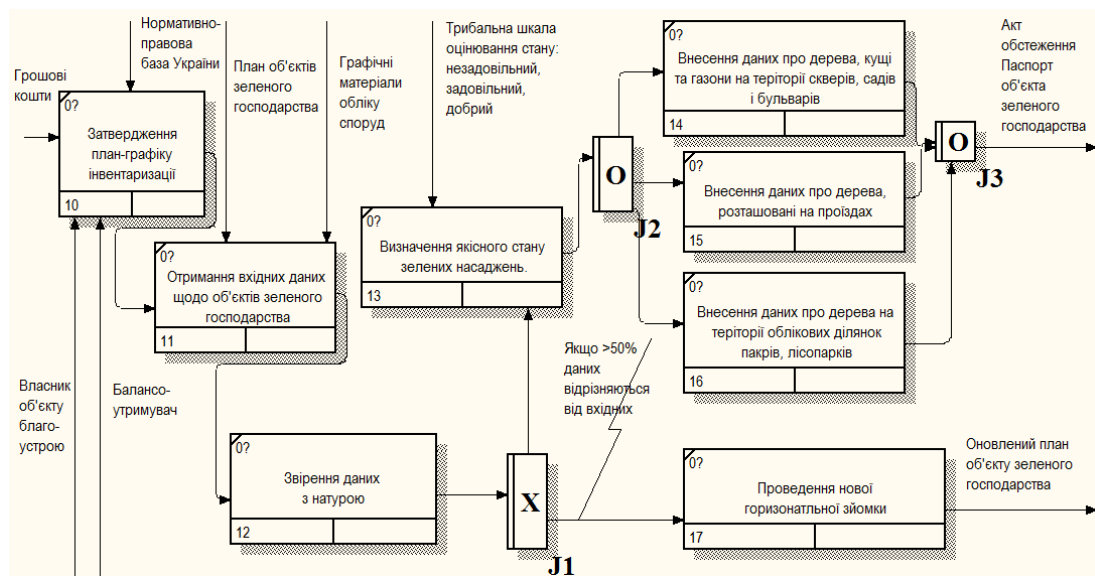


Рис. 1. Перший рівень декомпозиції моделі AS-IS ПрО

Побудова моделі AS-IS дозволяє систематизувати процеси ПрО і інформаційні об'єкти, що є значущими при розв'язку певної задачі автоматизації. На основі даних моделі AS-IS виявляють проблемні місця в організації та здійсненні бізнес-процесів, встановлюють необхідність змін існуючої структури. У математичній формі розроблену математичну модель можна представити наступним чином:

$$C = \langle E, G, S \rangle,$$

де C – це ПрО, що обмежується вимогами автоматизації задачі моніторингу стану ЗН; $E = \{E_1, \dots, E_N\}$ – це множина процесів ПрО, які характеризуються входними $I_i = \{i_1, \dots, i_N\}$ і вихідними $O_i = \{o_1, \dots, o_N\}$ потоками даних; Кожний E_N процес здійснюється, виходячи із правил і алгоритмів $A = \{a_1, \dots, a_N\}$ функціонування системи, та враховує ресурси $M_i = \{m_1, \dots, m_N\}$, що використовуються в ході виконання певного процесу. $G = \{G_1, \dots, G_N\}$ – це множина відношень між процесами, де результат i -го процесу є входним впливом на j -тий процес; S – глосарій ПрО рівня моделі, що формує уніфікований, семантично значущий опис всіх дефініцій ПрО та використовується для спрощення сприйняття даних про ПрО. Традиційний реінжиніринг передбачає використання моделі AS-IS для побудови моделі AS-TO-BE, розробки алгоритму автоматизації бізнес-процесів та проектування ІС в цілому. Автором пропонується алгоритм переходу від ручної обробки інформації до автоматизованої, опис кроків якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Алгоритм переходу до автоматизованого моніторингу стану ЗН

Крок алгоритму	Очікувані результати
Аналіз нормативно-правової та законодавчої бази і досвіду розв'язання поставленої проблеми вітчизняними та закордонними науковцями	Встановлено схеми взаємодії суб'єктів, відповідальних за ведення бухгалтерського та інвентаризаційного обліку садово-паркових об'єктів та ЗН міста. Встановлено цільову аудиторію, мету, завдання та концептуальні положення до розробки запропонованої ІС.
Дослідження існуючого кількісно-якісного дендрологічного та фітосанітарного стану ЗН	Сформовано вхідну інформацію стосовно ЗН із урахуванням способів посадки, видів, порід дерев, встановлення підприємств балансоутримувачів. Визначено поточний якісний стан ЗН за три бальною шкалою: добрий, задовільний і незадовільний.
Розробка інформаційного забезпечення ІС	Побудовано комплексну модель ПрО AS-TO-BE, що описує функціональні, структурні та архітектурні аспекти процесу автоматизованого обліку стану ЗН міста. Визначено схеми переходу від паперової технології обробки даних до ведення цифрового обліку фітосанітарного стану ЗН. Розроблено єдину БД із розподіленими правами доступу до її даних, реалізованими механізмами архівування, створення резервних копій БД та захисту інформації від несанкціонованих дій. Внесено первинні дані до БД та забезпечення можливості накопичення статистичних даних стосовно загальної площі, зайнятої ЗН, визначення кількості дерев і чагарників за видами насаджень, породами та віком.
Створення алгоритмів формування екологічно та економічно ефективних планів озеленення міста та оптимальних маршрутів обрізки і омоложення дерев	Розроблено алгоритми побудови оптимальних маршрутів проведення обрізки, озеленення та омоложення ЗН із двома цільовими функціями: мінімізація ресурсів та максимізація кількості оброблених дерев. Розроблено алгоритми автоматизованого створення ефективних планів озеленення міста, що враховують особливості мікроклімату, складу ґрунту, доступу до води конкретного району висадки дерев. Розроблено алгоритми модулів підтримки прийняття рішень стосовно кількості, виду, порід дерев, способу їх розсадки в рамках планів озеленення.
Програмна реалізація	Розроблено програмне забезпечення веб-орієнтованої ІС безкоштовними програмними засобами, його верифікація, тестування та публікація на хостингу в мережі Інтернет. Розроблено он-лайн сервіс оповіщення про зміну стану ЗН, необхідність проведення позачергової обрізки або спилування аварійних дерев від мешканців міста засобами мережі Інтернет.
Розробка методичних рекомендацій стосовно процесу взаємодії користувачів системи із розробленим програмним забезпеченням	Розроблено керівництво користувача ІС та системи підтримки прийняття рішень
Популяризація он-лайн сервісу сповіщення про зміну стану ЗН серед мешканців	Проведено заходи із поширення рекламної інформації про місію, мету та послуги ІС. Залучено мешканці міста до процесів підтримки актуальності відомостей стосовно стану ЗН.

Всі заходи з автоматизації моніторингу направлені на отримання стійкого позитивного екологічного, економічного та соціального ефекту за рахунок зменшення ризиків нанесенню збитків населенню і місту та підвищення якості заходів із охорони навколишнього середовища.

Висновки. На основі проведеного дослідження, можна зробити наступні висновки

1. Проведено аналіз ПрО стосовно здійснення інвентаризації та обліку стану ЗН міста на прикладі Дніпропетровського регіону.

2. Розроблено функціональну модель ПрО AS-IS, яка дозволяє встановити основні процеси, що піддаються автоматизації, діючих осіб, цільову аудиторію ІС, ресурси та інформаційне забезпечення, яке використовуються в ході здійснення підпроцесів ПрО.

3. Запропоновано алгоритм переходу від паперової технології обробки інформації до автоматизованої за рахунок розробки БД та веб-орієнтованої ІС.

До очікуваних якісних змін від запровадження ІС необхідно віднести наступне:

- Підвищення якості управлінських, господарських та технологічних рішень стосовно обслуговування наявного фонду ЗН та моніторингу їх стану, за рахунок застосування засобів ІТ.

- Підвищення якості, наукове обґрунтування та оптимізація вибору стратегій і тактики захисних, природоохоронних заходів для забезпечення раціональної екологічно обґрунтованої діяльності системи міського господарювання із використанням еколого-економічних критеріїв і врахуванням цільового призначення ЗН.

Запропоновані концептуальні положення автоматизації процесу моніторингу стану ЗН, на відміну від існуючої ручної технології обробки даних, забезпечать отримання повної, достовірної та своєчасної інформації стосовно заходів охорони навколишнього середовища та динаміки змін кількісно-якісного стану ЗН міста, підвищать якість контролю за самовільним знищенням дерев, проведенням омолодження та озеленення, що є особливо актуальним для регіонів із стійким і потужним промисловим забруднення, яким є Дніпропетровщина.

Наслідки впровадження ІС матимуть стійкий позитивний ефект, оскільки реалізація заходів автоматизації передбачає розробку інформаційного продукту багаторазового використання, який одночасно є джерелом і засобом подальшого розвитку. Запропоновані проектні рішення носять узагальнений характер та можуть бути застосовані для будь-якого населеного пункту України.

1. Топ найбрудніших міст України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://znaj.ua/society/vid-vas-smerdyt-top-najbrudnishyh-mist-ukrayiny>.

2. Матвеева Н.М. Формування альтернативного підходу щодо озеленення міст / Н.М. Матвеева, Р.М. Кадун // Комунальне господарство міст. – К.: Техніка. – 2013. – №111. – С. 261-266.

3. Заец Р. Системный подход к инновационному развитию крупного города по пути экоустойчивости / Р. Заец // Досвід та перспективи розвитку міст України. – Дніпропетровськ: Дніпромисто. – 2002. – Випуск 4. – С. 119-142.5

4. Ловинська В.М. Видовий склад та життєвий стан зелених насаджень проспекту Кірова та вулиці Титова м. Дніпропетровськ / В.М. Ловинська, І.А. Зайцева, А.В. Тищенко // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ. – 2013. – Вип. 18. – № 1. – С. 116-125.

5. Пономарьова О.А. Біорізноманіття та життєвий стан лінійних прилягових насаджень м. Дніпро (на прикладі проспекту ім. Б. Хмельницького) / О. А. Пономарьова // «Наука. Молодь. Екологія-2018» (За матеріалами XIV-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Житомир, 17 травня 2018 року). – Житомир : ЖНАУ. – 2018. – С.179-183.

6. Зайцева І.А. Аналіз стану деревних рослин придорожньої лісосмуги між селищами Дослідне і Новоалександрівка (Запорізьке шосе м. Дніпропетровськ) / І.А. Зайцева, В.М. Ловинська, С.А. Ситнік // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ. – 2014. – №2 – 78-92.

7. Яшольт А.Р. Створення електронного екологічного паспорту зелених насаджень бульвару по вулиці Пирогова та меморіалу «Визволення» у м. Вінниця / А.Р. Яшольт, І.І. Івчанська // Збірник наукових статей Вінницького національного технічного університету. – Вінниця: ВНТУ. – 2013. – Вип.2. – С. 185-188.

8. Бовсуновський Є.О. Сучасні технології вимірювання параметрів зелених насаджень / Є.О. Бовсуновський, О.В. Рябчевський, К.Ю. Браткова // Наукоємні технології. – 2018. – №1(37). – С. 80-86.

9. Хомюк П.Г. Застосування сучасних технологій для інвентаризації зелених насаджень об'єктів природно-заповідного фонду / П.Г. Хомюк, О.Г. Часковський, М.М. Король, Р.Р. Вицега // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. К.:НУБПУ. – 2012. – Вип. 171(1). – С. 241-247.

10. Стратегія розвитку Дніпропетровської області до 2020 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/uploaded-files/rozvitku-dnipropetrovskoi-oblasti-na-period-do-2020-roku.pdf>

11. Бурак О.М. Проблеми і перспективи розвитку сфери озеленення в Україні /О.М. Бурак // Вісник Херсонського державного університету. – Херсон: ХДУ. – 2014. – Випуск 9. – Частина 3. – С. 154-157.