

УДК 69.05:699.8

Чернишев Денис ОлеговичКандидат технічних наук, доцент, перший проректор, *orcid.org/0000-0002-1946-9242*

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ЗАСТОСУВАННЯ WAVELET-АНАЛІЗУ ЯК ПРИКЛАДНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВИЯВУ ТА ПОДОЛАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ У ПРОЕКТАХ БІОСФЕРОСУМІСНОГО БУДІВНИЦТВА

***Анотація.** Наведено результати пошуку передових аналітичних засобів і методико-алгоритмічних прийомів організаційно-технологічної та стохастичної оцінки подолання ризиків та загроз у проектах біосферосумісного будівництва з метою гармонізації характеристик життєвого циклу цих проектів з характеристиками мікросередовища їх впровадження. Застосування wavelet-аналізу запроваджує для девелопера нову критеріальну основу вибору варіантів реалізації будівельного проекту у процесі підготовки тендерів щодо виконавців загально-будівельних та спеціальних робіт. Базисом такого інструментарію є: методи багатофакторного, багатокомпонентного моделювання та багатокритеріального вибору альтернатив організації будівництва для проектів за умови застосування рівня біосферосумісності в якості провідної аналітичної координати такого моделювання. Зазначені моделі, реалізовані у форматі сучасного будівельного девелопменту, слугуватимуть у подальшому основою для організаційно-технологічної та екологічної експертизи проектів, які разом забезпечують девелоперу належний моніторинг інвестиційного циклу будівельного проекту, додержання графіка та бюджету проекту, належну виконавчу дисципліну та якість виконання робіт.*

***Ключові слова:** wavelet-аналіз; стохастична оцінка; невизначеність середовища; будівельний проект*

Вступ

В умовах триваючого сповільнення темпів активізації будівельного ринку, зменшення кількості будівельних проектів, що підлягають підготовці й впровадженню, та відповідного зменшення обсягів будівельних та спеціальних робіт, спостерігається зростання вимог провідних учасників проектів до біосферосумісного будівництва як провідної складової надійності та конкурентоспроможності проектів будівництва, як до однієї з ключових вимог їх успішного впровадження – впродовж всієї тривалості життєвого циклу проектів.

У країнах Євросоюзу набувають поступового розвитку інноваційні будівельні програми та проекти забудови міських районів на принципах «біосферного сумісництва». Ключовими стратегічними детермінантами таких програм та проектів визначено:

- організація будівництва на принципово інноваційних засадах, що в пріоритеті спрямовані на формування безпечної та сприятливої до саморозвитку життєдіяльності людини;

- забезпечення балансу біо-, техно-, соціосфер урбанізованих територій;

- успішне залучення влади, інституційних учасників, будівельних організацій та цільових

споживачів до організації циклу «започаткування-інвестування-будівництва-експлуатації» об'єктів будівництва, що комфортно імплементуються до існуючої екосистеми територій забудови, параметри якої в умовах Євросоюзу є об'єктом підвищеної уваги.

У Німеччині та Японії претендент (забудовник), що подав на тендер пропозицію, яка включає будівельно-технологічне рішення з дотриманням вимог «біосферної сумісності», одержує суттєву перевагу над іншими конкурентами. В цих країнах біосферна сумісність за пріоритетами випереджає навіть критерій «прибутковості/раціональності кошторисних витрат».

В Україні дотепер відсутні як практика таких преференцій, так і дієві механізми посилення мотивації учасників будівництва до залучення принципів біосферної сумісності при розробці архітектурно-будівельних рішень. Дана тенденція формує суперечливі вимоги і критерії оцінки проектів щодо створення нових продуктів та сервісів. У таких умовах особливої актуальності набувають інноваційні механізми управління будівельними проектами та програмами, які базуються на модернізації інвестиційно-будівельного циклу та системи організації будівництва на принципах біосферної сумісності. Реалізація цих принципів

в умовах триваючого спаду будівельного виробництва стане важливим чинником залучення інвестицій у вітчизняне будівництво від іноземних партнерів, що дотримуються базису біосферного будівництва і декларують стратегічні наміри вкладати кошти в українське будівництво на вищезазначених засадах.

Постановка проблеми досліджень

Дослідження впливу численних і різноманітних випадкових параметрів виробничих факторів на процес зведення будинків можливе тільки на основі застосування ймовірно-стохастичних методів і відповідних моделей. Вплив випадкових факторів, що дестабілізують провадження робіт, проявляється в зміні параметрів часу від детермінованих значень, відхиленні інтенсивності виробництва будівельно-монтажних робіт. До випадкових факторів можна віднести кліматичні, соціальні, технічні й ін. групи, які переважно проявляються не кожний окремо, а у сукупності. Врахування впливу всіх випадкових факторів на виробництво будівельно-монтажних робіт дозволяє усунути причини відмов і підвищити надійність взаємозалежних будівельних процесів.

На відміну від технічних систем, відмова яких призводить до припинення функціонування пристрою або конструкції, у будівельному виробництві природа відмов дещо інша. Відхилення від запроектованого ходу робіт, викликані відмовами в будівельному виробництві, призводять до порушення строків виконання робіт, але не припиняють діяльності будівельної організації (підрозділу, бригади) або будівельного потоку.

Разом з тим на сьогодні залишаються недостатньо дослідженими базові положення управління організаційно-технологічною надійністю як найбільш критичного показника для цих проектів. Дослідженням цього напрямку присвячені роботи С.Д. Бушуєва [1], А.Ю. Гайди [2], Д.С. Нечипуренко [3], В.О. Поколенко [4] та інших науковців [5 – 10]. У роботах зазначених авторів формалізовано процеси планування вартості проектів, але питання зниження ентропії організаційно-технологічної надійності ще на перших етапах життєвого циклу таких високотехнологічних проектів, як біосферосумісні проекти та створення методологічних основ проектування, розрахунку та впровадження біосферосумісних об'єктів будівництва в умовах України в них розглянуті недостатньо.

Мета статті

Метою статті є формування методологічних та аналітичних вимог щодо запровадження та побудови інструментарію організації будівництва та організаційно-технологічного супроводу будівельних проектів на засадах біосферосумісності.

Виклад основного матеріалу

Дослідження контентно-процесуальної сутності дефініції «організаційно-технологічна надійність» (ОТН) будівництва шляхом належного узгодження змісту та еволюційної траєкторії цієї дефініції з теоретичним підґрунтям та практикою організації будівництва надає можливість розглядати надійність будівельного виробництва як надійність результатів діяльності, що є основною принциповою відмінністю організаційно-технологічної надійності від надійності технічних систем.

Аналізуючи функціонування будівельних процесів, можна відзначити відхилення фактичних параметрів від детермінованих, встановлених в технологічній карті, графіку виконання робіт або іншому документі проекту виконання робіт. Це відхилення являє собою технологічну відмову.

Технологічна відмова – повне або часткове припинення функціонування будівельного процесу, що викликає відхилення від запланованих показників або розрахункових параметрів. Характерними для будівельного виробництва є часткові відмови, які самоусуваються в процесі здійснення робіт або ліквідуються відповідними службами будівельно-монтажної організації.

Організаційна відмова – це подія, в результаті якої порушуються встановлені терміни виконання запланованих обсягів робіт або введення об'єкта в експлуатацію. За характеристику організаційної відмови може бути прийнята тривалість простоїв або відхилення інтенсивності будівельних процесів від запланованих.

Високі темпи глобальної інформатизації сучасного виробництва, ускладнення створюваних людиною систем всіх рівнів, зміна пріоритетів, умов, обмежень й об'єктів будівництва в цілому зробили малоприматними традиційні методи організаційно-технологічного проектування інвестиційно-будівельного комплексу, де зміни проявляються на всіх організаційних рівнях:

- на рівні взаємозв'язків підсистем об'єкта – якісне ускладнення функціональних підсистем об'єкта будівництва, їхня інтелектуалізація, багатогалузева та наукомістка інтеграція;

- на рівні взаємозв'язків об'єкта та інфраструктури – загострення протиріч між нерухомою формою існування об'єкта будівництва і зростаючою динамікою його інфраструктури;

- на рівні стадій повного життєвого циклу об'єктів будівництва та їхніх взаємозв'язків із зовнішнім середовищем (інфраструктурними, техногенними й природними факторами);

- на рівні взаємозв'язків території забудови та екосистеми – загострення протиріч між традиційним екстенсивним принципом будівництва та його

фактичним результатом – вичерпанням біофізичних можливостей природного середовища.

Із застосуванням засобів wavelet-аналізу (вейвлет-аналізу) пропонується розглядати «відмову» як подію, що змінює результат діяльності будівельного підрозділу. При цьому підвищення надійності здійснюється шляхом оптимізації технології та функціонування будівельного процесу з урахуванням ймовірно-стохастичних методів визначення просторово-часових параметрів, що викликають відхилення від запланованих або розрахункових показників будівництва.

Поява wavelet-аналізу є однією з важливих подій, які відбулися в математиці за останні десятиліття і стрімко проникли в природничі науки, багато областей техніки, економіку, фінанси, інженерію. Вчені й інженери несподівано отримали можливість без особливих зусиль поглянути на предмет своїх досліджень абсолютно по-новому. Концепція «вейвлетів» виникла під час вивчення частотно-часового аналізу сигналів, поширення хвиль і дискретизації сигналів.

Англійське слово wavelet перекладається як «коротка (маленька) хвиля». Також зустрічаються терміни: «виплеск», «виплескова функція», «хвилька» та ін.

Вейвлет-перетворення одновимірного сигналу є представлення його у вигляді узагальненого ряду із системою базисних функцій

$$\Psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (1)$$

який містить материнський вейвлет $\Psi(t) \in L^2(\mathbb{R})$ з параметром часового масштабу a та зсуву в часі b .

В якості базисних функцій можна застосовувати широкий набір вейвлетів, які обов'язково повинні мати такі основні властивості:

1. *Обмеженість*. Квадрат норми функції повинен бути кінцевим

$$\|\Psi\|^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi(t)|^2 dt < \infty. \quad (2)$$

2. *Локалізація*. Вейвлет-перетворення застосовує локалізовану базисну функцію по часу та по частоті

$$|\Psi(t)| \leq C(1 + |t|)^{1-\varepsilon}. \quad (3)$$

3. *Нульове середнє*. Графік базисної функції повинен осцилювати та мати нульову площину

$$\Psi(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi(t) dt = 0. \quad (4)$$

4. *Самоподібність (автомодельність)*. Всі вейвлети конкретного сімейства мають те саме число осциляцій, що і материнський вейвлет, бо отримані з нього масштабним перетворенням a та зсувом b .

Базисні вейвлет-функції широко представлені в роботах [5 – 8], [10]. Вони можуть бути дискретними

або неперервними, дійсними або комплексними. Існують базисні вейлети, які описуються аналітично у вигляді формул. Наприклад, Мхат-вейвлет (mexican hat) є дійсним неперервним базисом. Його аналітичний запис має вигляд

$$\Psi(t) = (1 - t^2) \exp(-t^2/2), \quad (5)$$

спектральна щільність

$$\Psi(\omega) = (i\omega) \sqrt{2\pi} \exp(-\omega^2/2). \quad (6)$$

Існують також вейвлет-функції, які задаються ітераційними виразами, що легко обчислюються комп'ютерами. Наприклад, вейвлет Добеши (Daubechies), що реалізовано в програмі Mathcad. Вибір конкретного типу вейвлету залежить від поставленої задачі та характеристик сигналу (впливу).

Неперервне вейвлет-перетворення сигналу (НВП) (continuous wavelet transform (CWT)). Вейвлет-спектр (wavelet spectrum, time-scale-spectrum) є функцією двох аргументів: часового масштабу a , який обернений до частоти, та зсуву сигналу по часу b :

$$W(a, b) = (S(t), \Psi_{ab}(t)) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (7)$$

де $S(t)$ – сигнал

$$S(t) = \frac{1}{C_{\Psi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} W_s(a, b) \Psi_{ab}(t) \frac{dadb}{a^2}, \quad (8)$$

C_{Ψ} – нормуючий коефіцієнт

$$C_{\Psi} = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega < \infty, \quad (9)$$

$\Psi(\omega)$ – Фур'є-перетворення вейвлета $\Psi(t)$. Для ортонормованих вейвлетів $C_{\Psi} = 1$.

Способи візуалізації вейвлет-спектру можуть бути різними. Найбільш широко застосовується візуалізація у вигляді площини ab з локалізацією екстремумів коефіцієнтів (skeleton) або у вигляді поверхні в тривимірному просторі.

Дискретне вейвлет-перетворення сигналу

1. Діадне (dyadic) вейвлет-перетворення. Виконується дискретизація параметрів a та b через степені двійки:

$$a = 2^m, \quad b = k \cdot 2^m, \quad (10)$$

$$\Psi_{mk} = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \frac{1}{\sqrt{2^m}} \Psi(2^{-m}t - k),$$

де m і k – цілі числа.

2. Дискретне на основі теореми Котельнікова.

Спектр сигналу не містить частот більших за f_m і повністю визначається дискретною послідовністю своїх миттєвих значень

$$S(t) = \{S_j\} = \sum_{i=1}^{N-1} S(i\Delta t)\delta(t - i\Delta t), \quad (11)$$

де $N = 2^{n_0}$ – число відліків; $\Delta t = 1/2f_m$ – крок за часом; $f_{\Delta} = 1/\Delta t = 2f_m$ – частота дискретизації;

$\delta(t - i\Delta t)$ – дельта-функція.

3. Швидке вейвлет-перетворення сигналу (кратномасштабний аналіз (КМА)). Сигнал $S(t)$ представляється у вигляді сукупності послідовних наближень грубої (апроксимуючої) $A_m(t)$ та уточнюючої (деталізуючої) $D_j(t)$ складової:

$$S(t) = A_m(t) + \sum_{j=1}^m D_j(t) = \sum_k a_{mk}\phi_{mk}(t) + \sum_k d_{mk}\psi_{mk}(t), \quad (k=1,2,\dots,N), \quad (12)$$

де коефіцієнти a_{mk} і d_{mk} залежать від базисних функцій $\phi(t)$ та $\psi(t)$. Ці функції однозначно визначаються коефіцієнтами h_n (n – степінь вейвлету):

$$\phi(t) = 2\sum_n h_n \phi(2t - n); \quad \psi(t) = 2\sum_n g_n \phi(2t - n); \quad (13)$$

$$h_n = (\phi(t), \phi(2t - 1)); \quad g_n = (-1)^n h_{2k-1-n}.$$

Результати аналізу таких сигналів повинні містити не тільки загальну частотну характеристику (розподіл енергії сигналу за частотними

складовими), але і відомості про певні локальні координати, на яких виявляють себе ті чи інші групи частотних складових або відбуваються швидкі зміни частотних складових сигналу.

На відміну від перетворень Фур'є, вейвлет-перетворення одновимірних сигналів забезпечує двовимірну розгортку, при цьому частота і координата розглядаються як незалежні змінні, що дозволяє аналізувати сигнали відразу в двох просторах.

Висновки

Стан сучасного розвитку науки дозволяє висунути гіпотезу про доцільність застосування теорії і методів вейвлет-аналізу до моделювання стаціонарних і нестаціонарних стохастичних впливів, у тому числі факторів біосумісності будівництва, та дослідження динамічних характеристик складних просторових конструкцій в частотно-часовому просторі. Це дасть змогу отримати адекватні математичні моделі стохастичних коливань складних будівельних систем, якісні характеристики їхнього стану та прогнозувати їх подальшу динамічну поведінку. Основними етапами вейвлет-перетворення є декомпозиція, тобто представлення впливу через базисні вейвлет-функції та коефіцієнти перетворення, аналіз впливу в частотно-часовому просторі (вейвлет-спектрограма) та синтез (реконструкція) впливу для оцінки ефективності застосування конкретної базисної вейвлет-функції. У подальших дослідженнях буде застосовано дискретне вейвлет-перетворення гармонічного, нелінійного та стохастичного впливів із застосуванням базисних вейвлет-функцій Добеши, які реалізовані в програмному комплексі Mathcad.

Список літератури

1. Бушуєв С. Д. Системна інтеграція підходів в управлінні будівельними проектами / С.Д. Бушуєв, О.О. Бойко // Управління розвитком складних систем. – 2016. – Вип. 26. – С. 43-48.
2. Гайда, А.Ю. Механизмы эффективного управления проектами в организационных системах с нечетко выраженными состояниями / А.Ю. Гайда, Т.А. Фарионова, М.В. Ворона // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 28. – С. 116 – 122.
3. Нечепуренко Д.С. Систематизація організаційно-технологічних факторів, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови [Електронний ресурс] / Д.С. Нечепуренко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Стародубовские чтения. – 2014. – Вып. 74. – С. 120-126. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmc_2014_74_25
4. Поколенко В.О. Запровадження інструментарію вибору альтернатив реалізації будівельних проектів за функціонально-технічною надійністю організацій-виконавців / В.О. Поколенко, Г.М. Рижаківа, Д.О. Приходько // Управління розвитком складних систем. – 2014. – Вип. 19. – С.104-108.
5. Christopher Torrence and Gilbert P. Compo A Practical Guide to Wavelet Analysis// Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 79, No. 1, January 1998, pp. 61–8.
6. Robi Polikar, Iowa State University. Перевод Грибунин Н.В. Введение в вейвлет-преобразование (Електронна версія підручника <http://www.autex.spb.ru>).
7. Awrejcewicz J., Krysko A., Soldatov V. // International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, Vol. 19, Issue 10, 2009, pp. 3347 – 3371.

8. Diamond R., Opitz M., Hicks T., Vonneida V., Herrera S. *Evaluating the energy performance of the first generation of LEED-certified commercial buildings. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, American Council for an Energy-Efficient Economy (Washington DC, USA), 2006, pp. 3 – 52.*

9. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.

10. Августин Г., Баратта А., Кашиати Ф. *Вероятностные методы в строительном проектировании.* – М.: Стройиздат, 1988. – 584 с.

Стаття надійшла до редколегії 24.07.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Тугай, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Чернышев Денис Олегович

Кандидат технических наук, доцент, первый проректор, orcid.org/0000-0002-1946-9242

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ПРИМЕНЕНИЕ WAVELET-АНАЛИЗА КАК ПРИКЛАДНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И ПРЕОДОЛЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ПРОЕКТАХ БИОСФЕРОСОВМЕСТИМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. Приведены результаты поиска передовых аналитических средств и методико-алгоритмических приемов организационно-технологической и стохастической оценки преодоления рисков и угроз в проектах биосферосовместимого строительства с целью гармонизации характеристик жизненного цикла этих проектов с характеристиками микросреды их внедрения. Применение wavelet-анализа вводит для девелопера новую критериальную основу выбора вариантов реализации строительного проекта в процессе подготовки тендеров относительно исполнителей общестроительных и специальных работ. Базисом такого инструментария являются: методы многофакторного, многокомпонентного моделирования и многокритериального выбора альтернатив организации строительства для проектов при условии применения уровня биосферосовместимости в качестве ведущей аналитической координаты такого моделирования. Указанные модели, реализованные в формате современного строительного девелопмента, в дальнейшем могут служить основой для технологической и экологической экспертизы проектов, которые совместно обеспечивают девелоперу надлежащий мониторинг инвестиционного цикла строительного проекта, соблюдение графика и бюджета проекта, надлежащую исполнительную дисциплину и качество выполнения работ.

Ключевые слова: wavelet-анализ; стохастическая оценка; неопределенность среды; строительный проект

Chernyshev Denys O.

PhD, Associate professor, First vice-rector

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

APPLICATION OF WAVELET-ANALYSIS AS APPLIED TOOLS OF IDENTIFICATION AND OVERCOMING UNCERTAINTY IN PROJECTS OF BIOSPHERE-COMPATIBLE CONSTRUCTION

Abstract. The article is devoted to the search for advanced analytical tools and methodological and algorithmic methods of organizational-technological and stochastic assessment of risk and threat management in projects of biosphere-compatible construction, in order to harmonize the characteristics of the life cycle of these projects with the characteristics of the microenvironment of their implementation. The use of wavelet analysis introduces for the developer a new criterial basis for choosing options for implementing a construction project (in the process of preparing tenders for performers of general and special works). The basis of such a tool is: methods of multifactor, multicomponent modeling and multi-criteria choice of construction alternatives for projects, provided the level of biosphere compatibility is used as the leading analytical coordinate of such modeling. These models, implemented in the format of modern construction development, will further serve as a basis for technological and environmental expertise of projects that jointly provide the developer with proper monitoring of the investment cycle of the construction project, compliance with the project schedule and budget, proper executive discipline and quality of work performance.

Keywords: wavelet analysis; stochastic estimation; uncertainty of the environment; construction project

References

1. Bushuyev, S.D., Bojko, O.O. (2016). System integration of approaches in the management of construction projects. *Management of the development of complex systems*, 26, 43–48.
2. Gayda, Anatolii, Farionova, Tatyana & Vorona, Mihail. (2016). Mechanisms for effective project management in organizational systems with fuzzy conditions. *Management of Development of Complex Systems*, 28, 116–122 [in Russian].
3. Nechepurenko, D.S. (2014). Systematization of organizational and technological factors influencing the duration and cost of implementation of energy saving projects of complex reconstruction of residential development [Electronic resource]. *Building. Materials Science. Mechanical engineering. Series: Starodubov Readings*, 74, 120–126. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmssc_2014_74_25
4. Pokolenko, V.O., Ry`zhakova, G.M., Pry`xod`ko, D.O. (2014). Implementation of tools for choosing alternatives for implementing construction projects according to the functional and technical reliability of implementing organizations. *Management of the development of complex systems*, 19, 104–108.
5. Torrence, Christopher, Compo, Gilbert P. (1998). A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 61–78.
6. Polikar, Robi. Iowa State University. Перевод Грибунин Н.В. Введение в вейвлет-преобразование (Електронна версія підручника <http://www.autex.spb.ru>).
7. Awrejcewicz, J., Krysko, A., Soldatov, V. (2009). *International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering*, 19 (10), 3347–3371.
8. Diamond, R., Opitz, M., Hicks, T., Vonneida, V., Herrera, S. (2006). Evaluating the energy performance of the first generation of LEED-certified commercial buildings. *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, American Council for an Energy-Efficient Economy (Washington DC, USA)*, 3–52.
9. DBN V.1.2-2: 2006. System of reliability and safety of building objects. Load and impact. Design standards. – Kiev: Minstroy of Ukraine, 2007, 60.
10. Avgusti, G., Baratta, A., Kashiati, F. (1988). *Probabilistic methods in construction design. Moscow: Stroyizdat*, 584.

Посилання на публікацію

- APA Chernyshev, Denys. (2017). Application of wavelet-analysis as applied tools of identification and overcoming uncertainty in projects of biosphere-compatible construction. *Management of development of complex system*, 31, 198 – 203. [in Ukrainian]
- ГОСТ Чернишев Д.О. Застосування Wavelet-аналізу як прикладного інструментарію вияву та подолання невизначеності в проектах біосферосумісного будівництва [Текст] / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 31. – С. 198 – 203.