

systematic analysis of the functioning of protected areas designed automation technology resource use. The synthesized hierarchical scheme for monitoring forest, water, soil and antropogenizations ecosystems, provides a definition of existing and projected connections and influences, to ensure sustainable development of the West Polesie ecological network.

Keywords: reserve areas, sustainable development, environmental monitoring, geographic information systems, management system.

УДК 004.[832.3+942] Аспір. М.В. Машевська¹ – НУ "Львівська політехніка"

НЕЙРОНЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЖИТЛА НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКА РІВНЯ БІОКОМФОРТУ

Розглянуто основні фактори, що впливають на відчуття комфорту людини в будинку. Оцінено співвідношення, характер та межі впливу цих чинників на якість житлового середовища. Описано процес побудови в аналітичному вигляді співвідношення, що характеризує відповідний взаємозв'язок, методами нейронечіткого та нейроматематичного моделювання. Розроблені моделі дають змогу прогнозувати та розраховувати рівень біокомфарту людини в житловому середовищі.

Ключові слова: біокомфарт, житлове середовище, контролер нечіткої логіки, нейромоделі.

Вступ. Визначення людиною поняття "комфортне житло" має досить індивідуальний характер. Натомість, якщо відкинути суб'єктивні оцінки та вподобання потенційних мешканців, можна визначити низку основних параметрів, що характеризують якість житлового середовища. Врахування таких показників на етапах проектування, реконструкції або експертного оцінювання вартості житла дасть змогу передбачити показник рівня біокомфарту залежно від об'єктивних характеристик будинку.

Постановка проблеми. Дотримання нормативних вимог та стандартів щодо проектування житлового будинку не гарантує забезпечення високого рівня комфорту проживання людини. У роботі [1] (P.O. Fanger) описано модель, що дає змогу на основі показників мікроклімату, ізоляційних характеристик одягу людини та її фізичної активності отримати прогнозовану оцінку рівня комфорту в приміщенні PMV (predicted mean vote). Оскільки під час перебування в житловому середовищі людина самостійно може регулювати ступінь ізоляваності тіла одягом відповідно до важкості виконуваної роботи, то в процесі оцінювання рівня комфорту на етапі проектування (чи реконструкції) будинку можна знехтувати врахуванням показників обох параметрів. Організм людини, що перебуває в "замкнутому середовищі" реагує не лише на зміну значень показників мікроклімату, зокрема теплових, але й на вплив інших зовнішніх чинників. Такі показники, як ступінь природного освітлення та інсоляції житлового середовища, також відіграють істотну роль в оцінюванні рівня біокомфарту. Споруда (чи окреме приміщення) сама по собі взаємодіє з людським організмом на енергетичному рівні. Характер такої взаємодії описується показником питомої енергетики впливу на біологічний об'єкт [2]. Інтенсивність впливу цих чинників на відчуття людини зале-

жить від чутливості організму до дії зовнішніх факторів, а також від режиму проживання, тобто ступеня активності та часу перебування в житлі. Для врахування дії факторів, що впливають на людський організм, і оцінюються в межах критеріїв "комфорт-дискомфорт", потрібно розробити модель, що дасть змогу на етапі проектування (чи експлуатації) житлового середовища оцінити його якість відповідно до показника рівня біокомфарту PLC (predicted level of comfort). Використання методів та засобів нечіткого та нейронечіткого моделювання для задачі оцінювання параметрів біокомфарту є метою проведених досліджень.

Параметри, що визначають рівень біокомфарту людини в приміщенні, їх межі та співвідношення показників. Процес оцінювання рівня комфорту середовища проживання відбувається шляхом співвідношення низки параметрів, зокрема: якості мікроклімату, площі та кількості світлопрозорих елементів та необхідного рівня інсоляції житлових кімнат з урахуванням показника тепловтрат через вікна, рівня шумо- та звукоізоляції, показника компактності будинку та ін. Безперечно, показник комфорту житла залежить не лише від ступеня відповідності параметрів будинку нормативним вимогам, але й від особистих характеристик та побажань потенційних мешканців. Організм людини, що тривалий час перебуває у певному середовищі, безперечно реагує та пристосовується до впливу змін значень зовнішніх чинників. Ступінь збереження рівноваги систем організму в моделі "людина – приміщення" характеризується показником біокомфарту. Основними чинниками середовища, що впливають на рівень біокомфарту, є: параметри мікроклімату, ступінь природного освітлення кімнат та показник біоенергетичного впливу будинку на людський організм.

Згідно з інформацією, поданої в науковій літературі, зокрема [3], оптимальними вважають такі значення параметрів мікроклімату:

- температура повітря (T_{in}) в межах 20-22 °C для холодного періоду і 22-24 °C для теплого періоду року;
- перепад між температурами повітря та внутрішніх поверхонь стін (Δt) – не більше ніж 3 °C;
- відносна вологість повітря (φ) в межах 50-60 %.

Визначальними параметрами, що характеризують рівень теплового мікроклімату житлового середовища, є температура повітря і середня температура внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій (ОК). Рівність цих двох показників є ідеальним співвідношенням, проте в реальних будинках такі умови складно забезпечити. Зовнішні огорожувальні стіни (ЗОС), що характеризуються низкою теплофізичних параметрів, ззовні піддаються впливам кліматичних факторів. Чим нижчим є опір теплопровідності ЗОС, тим сильнішою буде залежність температур на внутрішній та зовнішній її поверхнях. Кожен додатковий 1 °C різниці між температурами повітря і внутрішніх поверхонь огорожень погіршує рівень теплового мікроклімату приміщення. Коли температура внутрішньої поверхні ЗОС відрізняється від температури повітря більше ніж на 3 °C, біля поверхонь стін спостерігають явище перерозподілу тепла, що супроводжується збільшенням швидкості циркуляції повітря і викликає відчуття протягу в приміщенні.

¹ Наук. керівник: проф. Р.О. Ткаченко, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

Якість мікроклімату характеризується також показником відносної вологості повітря. Зміни значень цього параметра залежать від опору паропроникності зовнішніх ЗОС та якості системи вентиляції будинку. Чим вищим є значення відносної вологості в приміщенні за однакової температури повітря, тим вищою є температура точки роси. У холодний період за недостатнього опору теплопровідності ЗОС показник температури внутрішніх поверхонь стін часто є нижчим за визначене значення температури точки роси. Такі умови призводять до випадання конденсату та згодом до утворення плісняви на поверхнях стін, що вкрай негативно впливає на здоров'я мешканців.

Сприйняття людиною рівня біокомфорту житлового середовища залежить не лише від конкретних значень відповідних параметрів, але й від співвідношень цих показників. Так, зі збільшенням температури повітря у приміщенні комфортними вважаються умови з меншим показником відносної вологості [3]. Відповідно до санітарних вимог, показник відносної вологості може змінюватись в межах 40-75 % [3].

Для нормального функціонування організму та зменшення напруження нервової системи протягом дня людина повинна отримувати достатню кількість світлової енергії. Степінь природного освітлення житлового середовища залежить передусім від коефіцієнта відкритості території, площі світлопрозорих елементів та їх орієнтації за сторонами світу. Наприклад, для Львівської обл. кількість сумарної сонячної радіації, спрямованої на вертикальну поверхню, збільшується з північного заходу на південний схід. За обмеженої відкритості території будинки необхідно проектувати та розраховувати розміщення і площу світлопрозорих елементів таким чином, щоб забезпечити максимально можливий рівень денного освітлення житлових приміщень, контролюючи при цьому показник тепловтрат у холодний період року.

Згідно з [2], в системі "людина – приміщення" ("людина – будівля") відбувається постійний енергетичний обмін, що впливає на якість проживання людини та стан її здоров'я. Характер та потужність такого обміну визначаються енергетичними коефіцієнтами [2] та залежать від маси і температури тіла людини, маси споруди, різниці температур на зовнішній та внутрішній поверхнях ЗОС та ін. Інтенсивність впливу житлового середовища на людину характеризується показником питомої щільності біоенергетичного потоку [2]. Чим вищим є цей показник, тим більш негативні наслідки для здоров'я людини має така взаємодія, що спочатку проявляється через відчуття дискомфорту перебування в "замкнутому середовищі". Допустимі межі питомої щільності біоенергетичного потоку становлять 200-500 Вт/кг [2]. До показника 1500 Вт/кг людський організм здатен самостійно регулювати інтенсивність енергетичного обміну. Натомість, перевищення значення питомого навантаження порогу в 2500 Вт/кг сигналізують про негативний вплив будинку на організм людини, що характеризується порушенням обміну речовин на клітинному рівні [2]. Оскільки показник питомої енергетики впливу залежить від маси тіла людини, то в одному і тому ж житловому середовищі біоенергетичне навантаження на організм дитини, порівняно з дорослим, буде набагато вищим [2].

Степінь впливу параметрів якості житла на людину залежить, насамперед, від рівня чутливості її організму до дії та змін значень цих чинників. Діти є чутливіші до погіршення умов теплового мікроклімату, а також потребують вищого показника природного освітлення житлових приміщень. Не менш важливим чинником, що регулює оцінку біокомфорту житлового приміщення, є режим проживання людини в цьому середовищі. Чим більше часу людина проводить в житлі, тим сильніше її організм піддається впливам параметрів цього середовища і тим ретельніше повинні бути забезпечені умови високої якості житлових приміщень.

Розроблення та тестування нейронечітких моделей для оцінювання рівня біокомфорту. На першому етапі розроблено контролер нечіткої логіки [4] для отримання значень показника рівня біокомфорту на основі вхідних даних. Для побудови нечіткої моделі введено такі вхідні лінгвістичні змінні: температура повітря всередині приміщення (T_m), перепад температур повітря і внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій (Δt), показник відносної вологості (φ), рівень чутливості ($sens$), режим проживання (res), степінь природного освітлення ($insol$), питома енергетика впливу приміщення на людину (γ). Вихідним параметром контролера є прогнозований рівень біокомфорту житлового середовища (PLC). Базу правил розроблено на основі узагальнених знань щодо умов біокомфорту перебування людини в житловому середовищі. Таку інформацію отримують шляхом співвідношення параметрів із нормативних вимог щодо проектування (та експлуатації) житлових будинків, висновків кваліфікованих експертів щодо умов покращення якості проживання та опитувань самих мешканців. Вхідними значеннями контролера були дані, отримані від спостережень за змінами внутрішніх параметрів кількох реальних малоповерхових житлових будинків. Внаслідок тестування контролера отримано набір числових залежностей значень вихідного параметра, тобто показника рівня біокомфорту, від вхідних параметрів, що характеризують певне житлове середовище. Значення показника PLC змінюються в межах від 1 до 5. Оцінка "1" характеризує найнижчий рівень біокомфорту в житлі, а "5" – відповідає найвищому показнику якості середовища для проживання людини.

На етапі розроблення математичної моделі для оцінювання рівня біокомфорту в житловому середовищі використано генератор формул Sapientware.Equo 2.1, функціонування якого базується на навчанні нейроподібної структури машини геометричних перетворень [5]. Для навчання та тестування нейромоделі функцією активації (тип генерованої формули) вибрано степеневий поліном Паде. Внаслідок використання генератора формул отримано коефіцієнти моделі (1):

$$PLC = \frac{a_0 + \sum_{i=L..N,k} a_k \cdot X_i + \sum_{j=L..N} X_j \cdot \sum_{i=j..N,k} a_k \cdot X_i}{1 + \sum_{i=1..N,k} b_k \cdot X_i + \sum_{j=1..N} X_j \cdot \sum_{i=j..N,k} b_k \cdot X_i}, \quad k = 1..35, \quad (1)$$

де: PLC – показник рівня біокомфорту; $X = \{T_m, \Delta t, \varphi, sens, res, \gamma, insol\}$ – вектор параметрів житлового середовища, що визначають рівень біокомфорту;

N – кількість параметрів моделі, $N = 7$; $(a_0, a_1 \dots a_k)$ і $(b_1, b_2 \dots b_k)$ – коефіцієнти поліному Паде, $k = 35$.

Для підвищення точності навчання та оптимізації отриманих коефіцієнтів моделі застосовано метод "імітації відпалу металу". Критерієм для оптимізації вибрано похибку MSE (mean square error – середня квадратична похибка). Процес оптимізації на завершальній стадії зображено на рисунку.

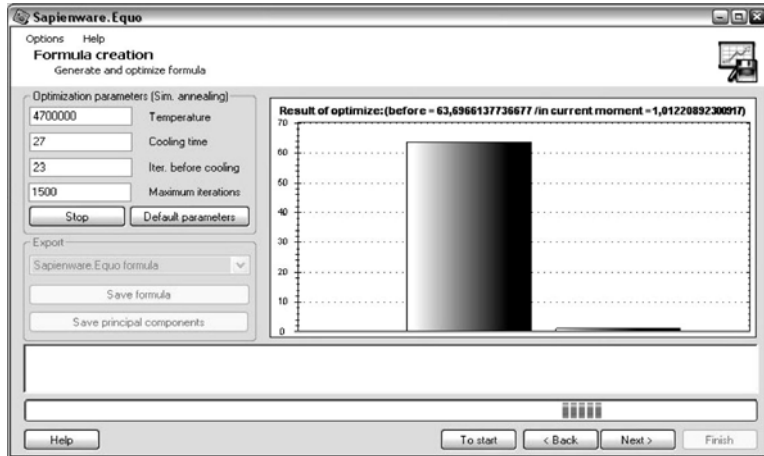


Рис. Активний стан перебігу процедури оптимізації

Параметрами оптимізації (рис.) є: температура нагрівання – 4700000; час охолодження – 27; кількість ітерацій перед охолодженням – 23; максимальна кількість ітерацій – 1500. Використаний метод з відповідними параметрами дав змогу зменшити похибку MAPE (mean absolute percent error – середня абсолютна процентна похибка) до 8,8 %.

Не менш важливим фактором, від якого залежить оцінювання людиною якості житла, є режим проживання, що характеризується ступенем активності та тривалістю перебування в "замкненому середовищі". Для розроблення моделі, що характеризує відповідну залежність, використано описаний раніше алгоритм нейронечіткого моделювання. У процесі навчання нейромоделі вибрано функцію активації у вигляді лінійного поліному Паде. Внаслідок генерування формули отримано співвідношення у вигляді (2):

$$res = \frac{a_0 + a_1 \cdot TS + a_2 \cdot Ac}{1 + b_1 \cdot TS + b_2 \cdot Ac}, \quad (2)$$

де: res – показник режиму проживання; TS – тривалість перебування людини в житловому середовищі, год.; Ac – степінь активності людини; (a_0, a_1, a_2) і (b_1, b_2) – коефіцієнти поліному Паде: $a_0 = -0,81$; $a_1 = 0,485$; $a_2 = -3,483$; $b_1 = 0,1067$; $b_2 = -1,017$.

На основі співвідношення (2) отримуємо: якщо час перебування людини у житловому середовищі приблизно дорівнює 15 год і степінь активності є середнім (сидяча робота, навчання тощо), то показник res приймається рівним 2,25, що характеризує 2-й режим проживання. Результати використан-

ня розроблених моделей для оцінювання рівня біокомфарту житлового середовища в процесі його експлуатації наведено в таблиці.

Табл. Результати оцінювання рівня біокомфарту в малоповерхових будинках

$T_{in}, ^\circ C$	$\Delta t, ^\circ C$	$\phi, \%$	$sens$	res	$y, \text{Вт/кг}$	$insol$	PLC
18,5	2,2	72	0	1	1970	0,15	2,66
17	3,5	69	0,5	2	1274	0,31	3,08
19	0,5	57	0,5	3	220	0,34	5,02
24	1,3	69	1	2	262	0,31	3,98
20	1,5	47	0,5	1	289	0,23	4,45
25	0,5	42	1	3	392	0,23	3,11

Висновки. Використання розроблених моделей дає змогу на основі вхідних даних, що описують параметри внутрішнього середовища малоповерхових будинків, відповідно до режиму перебування людей всередині та ступеня їх чутливості до впливу зовнішніх чинників мікроклімату, отримати значення оцінки рівня біокомфарту житла для реальних мешканців (або певного їх класу). Обчислення такого показника на етапі перевірки проекту будинку дає змогу оцінити загальний рівень комфорту проєктованого житлового середовища. Аналіз показника рівня біокомфарту на етапі оцінювання вартості житла допоможе з більшою точністю визначити категорію об'єкта нерухомого майна відповідно до забезпечення в ньому оптимальних умов для проживання людини.

Література

1. Fanger P.O. Thermal Comfort / P.O. Fanger. – New York : McGraw-Hill Book Company, 1972. – 244 p.
2. Кузич Р.В. Розрахункова категорія – біоенергетичний комфорт // Будуємо інакше : наук.-попул. журнал. – Львів : Изд-во "Інтер-Вокс". – 2004. – № 4. – С. 33-36.
3. Блази В. Справочник проєктувальника. Строительная физика / В. Блази. – М. : Изд-во "Техносфера", 2004. – 480 с.
4. Ткаченко Р. Розроблення контролера нечіткої логіки для прогнозування рівня біокомфарту перебування людини в житловому середовищі / Р. Ткаченко, М. Машевська // Матеріали V Міжнародної конф. молодих вчених "Комп'ютерні науки та інженерія" (CSE 2011), (Львів, 24-26 листопада 2011 р.). – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2011. – С. 62-63.
5. Equo // Керівництво користувача. – Львів : Sapienware Corporation, 2009. – 27 с.

Машевская М.В. Нейронечеткое моделирование в задачах оценивания качества жилья на основе показателя уровня биоконфорта

Рассмотрены основные факторы, что влияют на ощущение комфорта человека в здании. Оценены соотношение, характер и границы влияния этих факторов на качество жилищной среды. Описан процесс построения в аналитической форме соотношения, что характеризует соответствующую взаимосвязь, методами нейронечеткого и нейроматематического моделирования. Разработанные модели позволяют прогнозировать и рассчитывать уровень биоконфорта человека в жилищной среде.

Ключевые слова: биоконфорт, жилищная среда, контролер нечеткой логики, нейромодель.

Mashevskaya M.V. Neuro-fuzzy modelling in the task of evaluating the quality of the dwelling on the basis of the index of biocomfort level

Basic factors which influence on feeling of comfort of a man in the dwelling are considered. Correlation, character and intervals of influencing of these factors on quality of

dwelling environment are evaluated. The process of constructing the relations in analytical form, which characterizes the corresponding correlation, by the method of neuro-fuzzy and neuro-mathematical modelling are described. The created models allow to forecast and to calculate the level of biocomfort of a man in the dwelling environment.

Keywords: biocomfort, dwelling environment, controller of fuzzy logic, neuromodel.

УДК 656.13.01

Магістр М.Б. Підгірський; О.В. Глеба;
доц. Ю.Р. Оленюк, канд. техн. наук – Львівський ДУ БЖД

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ СВІТЛОФОРНИХ ЦИКЛІВ З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Зростання кількості автотранспортних засобів за останні роки призвело до переважання ними вулично-дорожньої мережі, що, своєю чергою, вимагає відповідного розрахунку світлофорних режимів. Проведений аналіз проблеми мінімізації затримок транспорту у містах виявив необхідність розроблення зручної методики визначення величин затримок транспорту на регульованих перехрестях. Застосовано системний підхід до дослідження затримок транспорту, починаючи з розрахунку циклу світлофорного регулювання, що дасть змогу оптимізувати переїзд перехрестя.

Ключові слова: транспорт, регульовані перехрестя, оптимізація світлофорних циклів.

Постановка проблеми. Визначення кращого варіанта схеми пофазного роз'їзду на основі оцінки ефективності світлофорного регулювання зумовлений існуванням декількох способів вирішення окремих завдань. Пошук відповіді продиктований пріоритетними величинами дорожнього руху, що висувуються перед дослідженням. Наприклад, пропуск пішоходів через проїзну частину може здійснюватися протягом фази регулювання або протягом двох фаз з використанням острівця безпеки. У першому випадку затримка пішоходів менша, але може виникнути необхідність у коригування циклу регулювання. Необхідно дослідити цю проблему.

Правоповоротні потоки можна пропускати незалежно від транспортних засобів, які рухаються в прямому напрямку. Це дає змогу вирішити виконання правого повороту протягом усього циклу, тобто повністю усунути затримки правоповоротних транспортних засобів. У цьому випадку транспортні засоби, що рухаються в прямому напрямку, можуть використовувати меншу кількість смуг руху. Це може привести до збільшення фазового коефіцієнта відповідної фази, що, своєю чергою, призводить до зростання циклу регулювання та збільшення затримок транспортних засобів на інших підходах до перехрестя.

Для лівоповоротних потоків більш вдалим є варіант планування, за якого передбачається спеціальне місце на перехресті, де лівоповоротні транспортні засоби могли б нагромаджуватися в очікуванні можливості проїзду, не блокуючи рух в інших напрямках, дозволеної в цій фазі. Методику розрахунку тривалості циклу і його елементів запропонував англійський дослідник Ф. Вебстер. Вона отримала достатню практичну перевірку в реальних умовах руху і широко використовується для інженерних розрахунків у багатьох країнах світу. Для ізольованого перехрестя характерним є випадкове прибуття

транспортних засобів (інтервали між послідовно прибуваючими транспортними засобами не однакові). Цьому відповідає формула [1]

$$T_{цo} = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y}, \quad (1)$$

де: $T_{цo}$ – оптимальна тривалість циклу, що забезпечує мінімум середньої затримки транспортних засобів біля перехрестя; L – втрачений час у циклі регулювання, с; Y – сумарний фазовий коефіцієнт, що характеризує завантаження перехрестя.

Сумарний фазовий коефіцієнт є сумою розрахункових фазових коефіцієнтів окремих фаз

$$Y = y_1 + y_2 + \dots + y_n = \sum_1^n y_i, \quad (2)$$

де: y_i – фазовий коефіцієнт i -ої фази регулювання; n – кількість фаз регулювання. Крім цього, скористаємось залежністю [1]

$$y_i = \frac{N_{npj}}{M_{nij}}, \quad (3)$$

де: N_{npj} – приведена інтенсивність руху в певній фазі в j -му напрямку для даного періоду доби, од./год; M_{nij} – потік насичення в j -му напрямку i -тої фази регулювання, од./год

Виклад основного матеріалу. Втрачений час можна приблизно вважати рівним тривалості проміжного такту (перехідного інтервалу) t_{nmi} і t_{npi} . Тривалість проміжного такту (перехідного інтервалу) визначають за формулою [3]

$$t_{npi} = \tau_1 + \tau_2, \quad (4)$$

де: τ_1 – час проїзду (без зниження швидкості) відстані до стоп-лінії, рівне гальмівного шляху, с; τ_2 – час проїзду відстані від стоп-лінії до найдалшої конфліктної точки, с.

$$\tau_1 = \frac{V_T}{7,2 \cdot a_T}; \quad (5)$$

$$\tau_2 = \frac{(l_a + l_i) \cdot 3,6}{V_T}, \quad (6)$$

де l_i – відстань від стоп-лінії до найдалшої конфліктної точки (ДКТ) в i -тій фазі.

Для випадків руху транспортних засобів прямо, а також наліво і (або) направо по одних і тих же смугах руху, якщо інтенсивність ліво-і право-поворотних потоків становить більше 10 % від загальної інтенсивності руху в даному напрямку даної фази, потік насичення, отриманий за формулою або з наведених даних, коректують [2]:

$$M_{nij} = 525 B_{nc} \frac{100}{a + 1,75v + 1,25c}, \quad (7)$$

де: a, v, c – інтенсивність руху транспортних засобів відповідно прямо, наліво і направо у відсотках від загальної інтенсивності в даному напрямку даної