



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116173** (13) **U**

(51) МПК (2017.01)

G06N 7/02 (2006.01)

G05D 25/00

G05D 25/02 (2006.01)

H05B 37/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

| | | | |
|--|----------------------------|---------------------|---|
| (21) Номер заявки: | u 2016 11956 | (72) Винахідник(и): | Оленич Ігор Богданович (UA) |
| (22) Дата подання заявки: | 25.11.2016 | (73) Власник(и): | ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ |
| (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: | 10.05.2017 | | УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА, |
| (46) Публікація відомостей про видачу патенту: | 10.05.2017, Бюл.№ 9 | | вул. Університетська, 1, м. Львів, 79000 (UA) |

(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ

(57) Реферат:

Спосіб автоматичного керування системою освітлення житлового приміщення, в якому на основі контролера нечіткої логіки, за яким формують базу нечітких продукційних правил, фазифікують вхідні значення освітленості, на основі знайдених значень істинності кожної з умов активізують висновки кожного з нечітких правил, після чого акумулюють висновки і дефазифікують отримані нечіткі вихідні величини. Додатково вводять вхідні і вихідні лінгвістичні змінні та нечіткі продукційні правила, які для поточних значень природної освітленості і часу доби формують кількісні значення потужності джерел штучного освітлення з різною колірною температурою та вихідного сигналу, який керує прозорістю вікон.

UA 116173 U

Корисна модель належить до галузі електроніки та інформаційних технологій і може бути використана у сфері житлово-комунального господарства для ефективного використання електроенергії та створення комфортних умов проживання.

Відомий спосіб енергоощадного освітлення житлових приміщень і місць загального користування багатоквартирних будинків ["Спосіб енергоощадного освітлення у сфері ЖКГ" - патент України № UA 99055 U, МПК H05B 37/02, F21S 2/00, 2015 р.], за яким використовують світлодіодні джерела світла, що безпосередньо зв'язані з датчиками руху із діапазоном огляду на 360°, які подають електричну енергію при виникненні рухомого об'єкта.

Недоліком способу є відсутність можливості керування інтенсивністю випромінювання та колірною температурою (спектральною характеристикою) джерел штучного освітлення.

Відомий спосіб організації штучного освітлення житлових, громадських і промислових територій, а також об'єктів транспортної інфраструктури ["Способ и устройство энергосберегающего управления уличным освещением" - патент Російської федерації № RU 2526206 C1, МПК H05B 37/02, 2013 р.], за яким у енергонезалежну пам'ять системи освітлення попередньо записують графік включення і виключення джерел світла по заздалегідь заданому закону, розрахованому для кожної доби календарного року для даної географічної зони. Спосіб передбачає можливість змінювати режим світлового випромінювання залежно від тривалості світлового дня і керувати градацією яскравості штучного освітлення в оптимальному та базовому енергозберігаючому режимах.

Недоліками способу є необхідність попереднього програмування режимів освітлення і відсутність можливості оперативного автоматичного керування параметрами штучного освітлення.

Відомий спосіб керування освітленням приміщення за допомогою контролера нечіткої логіки [Panjaitan S.D., Hartoyo A.A. Lighting Control System in Buildings based on Fuzzy Logic. - Telkomnika, 2011. - Vol. 9, №. 3. - P. 423-432], за яким на основі значень інтенсивності внутрішнього та зовнішнього освітлення, що слугують вхідними лінгвістичними змінними, і бази нечітких продукційних правил отримують вихідне значення інтенсивності необхідного штучного освітлення від люмінесцентних ламп.

Недоліком способу є відсутність можливості автоматичного керування прозорістю вікон і спектральною характеристикою люмінесцентних ламп.

Найближчим аналогом до запропонованої корисної моделі є спосіб автоматичного керування системою освітлення приміщення на основі контролера нечіткої логіки з одним або двома входами і одним виходом [Jin M.-L., Ho M.-C. Labview-based fuzzy controller design of a lighting control system. Journal of Marine Science and Technology. - 2009. - Vol. 17, № 2. - P. 116-121.]. Базу нечітких продукційних правил формують у вигляді ЯКЩО (умова) - ТО (дія). Поточні значення інтенсивності освітлення перетворюють на описані лінгвістичними змінними у базі знань нечіткі величини, на основі знайдених значень істинності кожної з умов активізують висновки кожного з нечітких правил, після акумулювання яких отримують нечіткі вихідні величини і на їх основі методом центру тяжіння отримують кількісні значення, що забезпечують керування функціональними пристроями системи освітлення.

Недоліком способу є відсутність можливості автоматичного керування прозорістю вікон і використання одноступінних джерел штучного освітлення.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб автоматичного керування системою освітлення житлових приміщень на основі контролера нечіткої логіки шляхом використання нових вхідних і вихідних лінгвістичних змінних та розширеної бази нечітких продукційних правил, що дасть змогу керувати прозорістю вікон і потужністю світлодіодних або люмінесцентних джерел освітлення з різною колірною температурою залежно від інтенсивності освітлення та часу доби.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі автоматичного керування системою освітлення житлового приміщення, в якому на основі контролера нечіткої логіки формують базу нечітких продукційних правил, фазифікують вхідні значення освітленості, на основі знайдених значень істинності кожної з умов активізують висновки кожного з нечітких правил, після чого акумулюють висновки і дефазифікують отримані нечіткі вихідні величини, згідно з корисною моделлю, додатково вводять вхідні і вихідні лінгвістичні змінні та нечіткі продукційні правила, які для поточних значень природної освітленості / та часу доби / формують кількісні значення вихідного сигналу, який керує потужністю джерел штучного освітлення з різною колірною температурою і прозорістю вікон.

Суттєвими відмінностями запропонованого способу від найближчого аналога є:

1. Використання вхідної лінгвістичної змінної "час доби" = {"ранок", "день", "вечір"} і вихідних лінгвістичних змінних "система "теплого" освітлення" $S^{(w)}$ = {"значно зменшити освітлення",

"зменшити освітлення", "нормальне освітлення", "збільшити освітлення", "значно збільшити освітлення"} з колірною температурою 2700-3500 K, "система "холодного" освітлення" $S^{(C)} = \{ \text{"значно зменшити освітлення", "зменшити освітлення", "нормальне освітлення", "збільшити освітлення", "значно збільшити освітлення"} \}$ з колірною температурою 4000-5500 K, що

забезпечує можливість вмикати "тепле" чи "холодне" штучне освітлення залежно від часу доби для створення комфортної атмосфери у приміщенні.

2. У способі керування освітленням передбачена можливість керування світловою проникністю вікон для зменшення інтенсивності зовнішнього природного освітлення.

Зазначені відмінні ознаки запропонованого способу: на даний час невідомі способи

автоматизованого керування системою освітлення приміщень на основі контролера нечіткої

логіки, які використовують ці ознаки для вирішення поставленої задачі.

Керування освітленням є однією з найбільш затребуваних функцій інтелектуальних систем

розумного будинку. Відключаючи непотрібне навантаження або переводячи в режим низького

споживання енергії, можна істотно скоротити витрати на електроенергію. Для комфортного

проживання у будинку також можна передбачити керування не лише потужністю

освітлювальних пристроїв, але й їх спектральною характеристикою. У ранковий та денний час

оптимально поєднується з природним освітленням "холодне" світло з колірною температурою

4000-5500 K, яке сприяє створенню в приміщенні робочої атмосфери. У вечірній час доцільно

використовувати джерела "теплого" світла з колірною температурою 2700-3500 K, оскільки таке

освітлення створює атмосферу затишку та комфорту.

Крім цього у сонячні дні часто виникає необхідність зменшення освітленості приміщень.

Ефективно керувати світловою проникністю вікон можна за допомогою смарт-стекол, які містять

електрохромні або рідкокристалічні матеріали. Характерною особливістю таких матеріалів є

здатність до зворотних оптичних змін (поява забарвлення або зміна одного кольору іншим) під

впливом електричного струму, а ступінь їх прозорості може контролюватися прикладеною

напругою.

Всебічне охоплення різних критеріїв комфортного проживання передбачає використання в

інформаційних технологіях керування системою освітлення лінгвістичних змінних, які за

структурою подання наближаються до розмовної мови. У такому випадку доцільно використати

методи нечіткого моделювання [Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде "MATLAB" и

"fuzzyTECH". - СПб.: БХВ-Петербург, 2005].

Спосіб керування системою освітлення приміщення на основі контролерів нечіткої логіки

включає фазифікацію (перетворення) чітких значень вхідного сигналу на нечіткі змінні, на їх

основі активізацію висновків нечітких продукційних правил і процес дефазифікації, який формує

вихідний сигнал для керування системою освітлення. Задання вихідних лінгвістичних змінних

$S^{(C)}$ і $S^{(W)}$ на множині $[-1, 1]$ дає змогу отримати значення вихідних сигналів у відсотках від

максимальної прозорості вікон T_{\max} та максимальної потужності джерел "холодного" $P_{\max}^{(C)}$ і

"теплого" $P_{\max}^{(W)}$ світла, необхідних для оптимального освітлення конкретного приміщення.

Такий підхід є універсальним, оскільки спосіб можна застосувати для приміщень з різними

площею і формою, світловідбивними характеристиками стін та площею вікон, а також різного

типу смарт-вікон, світлодіодних чи люмінесцентних джерел світла.

Фіг. 1 - Схема процесу керування освітленням на основі контролера нечіткої логіки.

Фіг. 2 - Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вхідну змінну

"інтенсивність природного освітлення", задані кусково-лінійними функціями.

Фіг. 3 - Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вхідну змінну "час доби",

задані кусково-лінійними функціями.

Фіг. 4 - Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вихідні змінні $S^{(C)}$ і $S^{(W)}$

задані кусково-лінійними функціями.

Фіг. 5 - Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вхідну змінну

"інтенсивність природного освітлення", задані сплайн-функціями.

Фіг. 6 - Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вхідну змінну "час доби",

задані сплайн-функціями.

Фіг. 7 - Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вихідні змінні $S^{(C)}$ і $S^{(W)}$

задані сплайн-функціями.

Корисна модель може бути проілюстрована такими прикладами.

Приклад 1. Реалізацію автоматичного керування системою освітлення приміщення на основі

контролера нечіткої логіки здійснюють за допомогою алгоритму Мамдані [Mamdani E.H.

Application of fuzzy algorithms for the control of a simple dynamic plant. Proceedings IEEE. - 1974. -

Vol. 121. - P. 1585-1588]. Базу нечітких продукційних правил $R^{(k)}$ формують для системи з двома

входами і двома виходами:

- $R^{(k)}$: IF x_1 is A_{1k} AND x_2 is A_{2k} THEN y_1 is G_{1k} , y_2 is G_{2k} , $k=1,2,, n$;
 де n - кількість правил; $x_1 \in [0, 350]$ і $x_2 \in [6, 22]$ вхідні змінні, які відображають освітленість в люксах і час доби відповідно; $y_1, y_2 \in [-1, 1]$ - вихідні змінні, які відображають керуючий сигнал систем "холодного" $S^{(C)}$ і "теплого" $S^{(W)}$ освітлення відповідно. При цьому керуючий сигнал визначає потужність джерел "холодного" $P^{(C)}$ і "теплого" $P^{(W)}$ світла при $y_1, y_2 \in [0, 1]$ або ступінь прозорості вікон при $y_1, y_2 \in [-1, 0]$:

$$P^{(C)} = \begin{cases} 0 & y_1 \in [-1,0] \quad x_2 \in [6,18] \\ y_1 k_1 P_{\max}^{(C)} & y_1 \in [0,1] \quad x_2 \in [6,18] \end{cases},$$

$$P^{(W)} = \begin{cases} 0 & y_2 \in [-1,0] \quad x_2 \in [17,22] \\ y_2 k_2 P_{\max}^{(W)} & y_2 \in [0,1] \quad x_2 \in [17,22] \end{cases},$$

$$T = \begin{cases} (1 + \max\{y_1, y_2\}) T_{\max} & y_1, y_2 \in [-1,0] \\ 1 & y_1, y_2 \in [0,1] \end{cases},$$

- де коефіцієнти k_1 і k_2 враховують внесок "холодного" і "теплого" джерел світла для отримання необхідного рівня освітлення:

$$k_1 = \frac{y_1}{y_1 + y_2},$$

$$k_2 = \frac{y_2}{y_1 + y_2}.$$

- База нечітких продукційних правил системи керування освітленням житлового приміщення наведена у табл. 1.

- Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вхідні змінні "інтенсивність природного освітлення", "час доби" і вихідні змінні $S^{(C)}$ та $S^{(W)}$, задають кусково-лінійними функціями (фіг. 2 - фіг. 4). Ступінь істинності підумов визначають для поточних кількісних значень природної освітленості та часу доби. Процедуру агрегування підумов кожного з правил системи нечіткого висновку проводять за допомогою операції нечіткої кон'юнкції AND, яку задають алгебраїчним добутком ступеня істинності двох нечітких висловлювань. Ступінь істинності висновків кожного з продукційних правил визначають за допомогою min-активізації. Акумуляування висновків продукційних правил здійснюють max-об'єднанням нечітких множин, які відповідають термам отриманих висновків для відповідних вихідних змінних. У результаті дефазифікації вихідних змінних методом центру ваги отримують кількісні значення прозорості вікон T , а також потужності люмінесцентних або світлодіодних джерел "холодного" $P^{(C)}$ і "теплого" $P^{(W)}$ світла. Кількісні значення вихідних змінних для різних значень вхідних змінних наведені у табл. 2.

Таблица 1

База нечітких продукційних правил системи керування освітленням житлового приміщення

| Час доби | Інтенсивність природного освітлення | | | | |
|----------|---|---|---|--|--|
| | Дуже низька | Низька | Середня | Висока | Дуже висока |
| Ранок | значно збільшити $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | збільшити освітлення $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | нормальне освітлення $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | зменшити освітлення $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | значно зменшити $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ |
| День | значно збільшити $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | збільшити освітлення $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | нормальне освітлення $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | зменшити освітлення $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ | значно зменшити $S^{(C)}$ $S^{(W)}=0$ |
| Вечір | $S^{(C)}=0$ значно збільшити $S^{(W)}$ | $S^{(C)}=0$ збільшити освітлення $S^{(W)}$ | $S^{(C)}=0$ нормальне освітлення $S^{(W)}$ | $S^{(C)}=0$ зменшити освітлення $S^{(W)}$ | $S^{(C)}=0$ значно зменшити $S^{(W)}$ |

Таблиця 2

Кількісні значення вихідних змінних для різних значень вхідних змінних

| Час доби, год. | Освітленість, лк | Потужність $P^{(C)}$ | Потужність $P^{(W)}$ | Коефіцієнт прозорості вікон T |
|----------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 7:00 | 100 | $0,3795 P^{(C)}_{\max}$ | 0 | 1 |
| 13:00 | 300 | 0 | 0 | 0,3804 |
| 15:00 | 220 | 0 | 0 | 0,8280 |
| 17:30 | 140 | $0,0528 P^{(C)}_{\max}$ | $0,0528 P^{(W)}_{\max}$ | 1 |
| 21:00 | 50 | 0 | $0,6159 P^{(W)}_{\max}$ | 1 |

- Приклад 2. Базу продукційних правил $R^{(k)}$ для контролера на основі нечіткого логічного висновку з двома вхідними і трьома вихідними лінгвістичними змінними формують аналогічно до прикладу 1. Функції приналежності нечітких множин, які характеризують лінгвістичні змінні, задають як у прикладі 1. Визначення ступеня істинності та агрегування підумов кожного з правил системи нечіткого висновку проводять згідно прикладу 1. Ступінь істинності висновків кожного з продукційних правил визначають за допомогою prod-активізації. Акумуляування висновків нечітких продукційних правил і дефазифікацію вихідних змінних методом центру ваги здійснюють як у прикладі 1. Отримані кількісні значення прозорості вікон T , а також потужності джерел "холодного" $P^{(C)}$ і "теплого" $P^{(W)}$ світла для різних значень вхідних змінних наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Кількісні значення вихідних змінних для різних значень вхідних змінних

| Час доби, год. | Освітленість, лк | Потужність $P^{(C)}$ | Потужність $P^{(W)}$ | Коефіцієнт прозорості вікон T |
|----------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 7:00 | 100 | $0,4089 P^{(C)}_{\max}$ | 0 | 1 |
| 13:00 | 300 | 0 | 0 | 0,3405 |
| 15:00 | 220 | 0 | 0 | 0,8484 |
| 17:30 | 140 | $0,0485 P^{(C)}_{\max}$ | $0,0485 P^{(W)}_{\max}$ | 1 |
| 21:00 | 50 | 0 | $0,6594 P^{(W)}_{\max}$ | 1 |

- Приклад 3. Базу нечітких продукційних правил $R^{(k)}$ для автоматичного керування системою освітлення приміщення на основі контролера нечіткої логіки формують, згідно з прикладом 1. Функції приналежності нечітких множин, які характеризують вхідні змінні "інтенсивність природного освітлення", "час доби" і вихідні змінні $S^{(C)}$ та $S^{(W)}$ задають сплайн-функціями (фіг. 5 фіг. 7). Процедури фазифікації вхідних змінних, агрегування підумов нечітких правил, акумуляції висновків продукційних правил, дефазифікації вихідних лінгвістичних змінних проводять аналогічно до прикладу 1. Ступінь істинності висновків кожного з продукційних правил визначають за допомогою prod-активізації. Кількісні значення вихідних змінних для вказаних у прикладі 1 значень вхідних змінних наведені у табл. 4.

Таблиця 4.

Кількісні значення вихідних змінних для різних значень вхідних змінних

| Час доби t , год. | Освітленість I , лк | Потужність $P^{(C)}$ | Потужність $P^{(W)}$ | Коефіцієнт прозорості вікон T |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 7:00 | 100 | $0,4681 P^{(C)}_{\max}$ | 0 | 1 |
| 13:00 | 300 | 0 | 0 | 0,3181 |
| 15:00 | 220 | 0 | 0 | 0,8627 |
| 17:30 | 140 | $0,0276 P^{(C)}_{\max}$ | $0,0276 P^{(W)}_{\max}$ | 1 |
| 21:00 | 50 | 0 | $0,6819 P^{(W)}_{\max}$ | 1 |

Система керування освітленням приміщення на основі контролера нечіткого логічного висновку дає змогу отримати на основі інтенсивності природного освітлення і часу доби кількісні значення вихідних сигналів, які керують потужністю джерел "холодного" і "теплого" світла та

прозорістю вікон. Наведені у табл. 2 - табл. 4 дані показують, що використання кусково-лінійних або сплайн-функцій для задання нечітких множин, а також \min - або \max -активізації висновків продукційних правил дає змогу змінювати чутливість системи керування в різних діапазонах відхилення природнього освітлення від норми. Це дозволяє врахувати індивідуальні

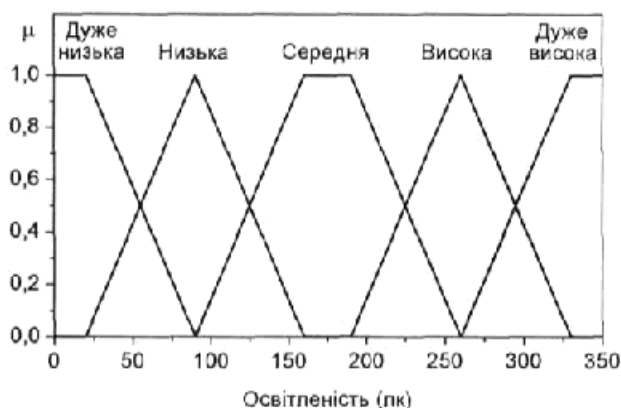
характеристики мешканців для створення комфортних умов проживання. При здійсненні корисної моделі досягається зазначений технічний результат, відбувається спрощення процесу керування системою освітлення приміщення, що в свою чергу не вимагає складних розрахунків і використання вартісного обладнання.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб автоматичного керування системою освітлення житлового приміщення, в якому на основі контролера нечіткої логіки, за яким формують базу нечітких продукційних правил, фазифікують вхідні значення освітленості, на основі знайдених значень істинності кожної з умов активізують висновки кожного з нечітких правил, після чого акумулюють висновки і дефазифікують отримані нечіткі вихідні величини, який **відрізняється** тим, що додатково вводять вхідні і вихідні лінгвістичні змінні та нечіткі продукційні правила, які для поточних значень природної освітленості і часу доби формують кількісні значення потужності джерел штучного освітлення з різною кольоровою температурою та вихідного сигналу, який керує прозорістю вікон.



Фіг. 1



Фіг. 2

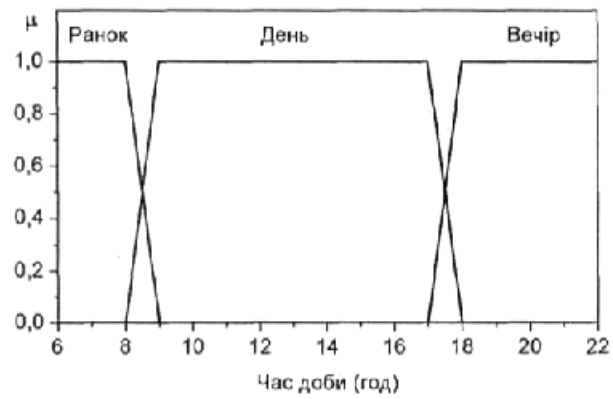


Fig. 3

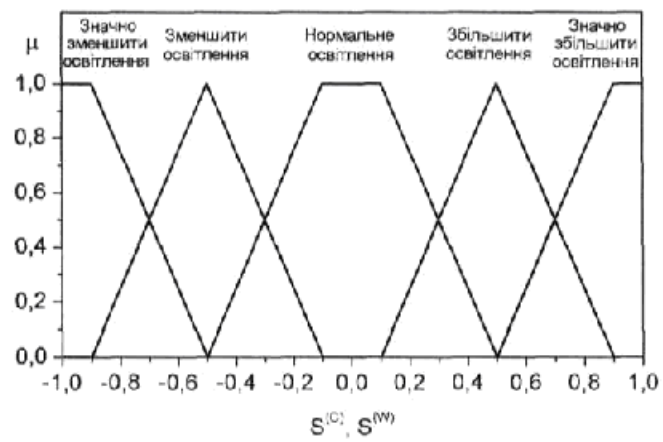


Fig. 4

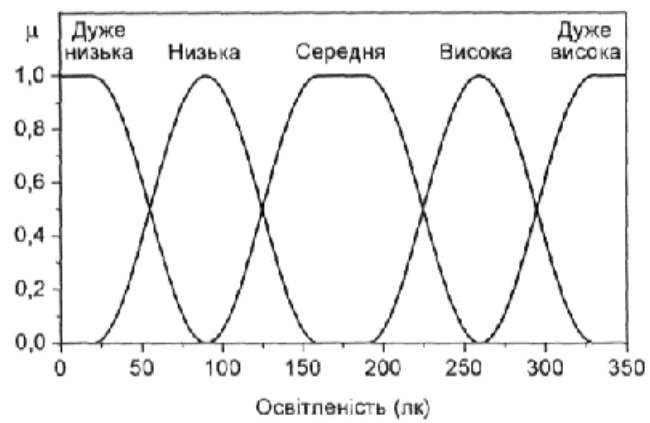
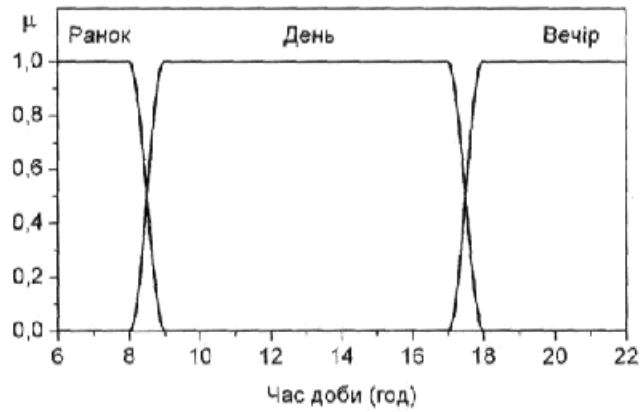
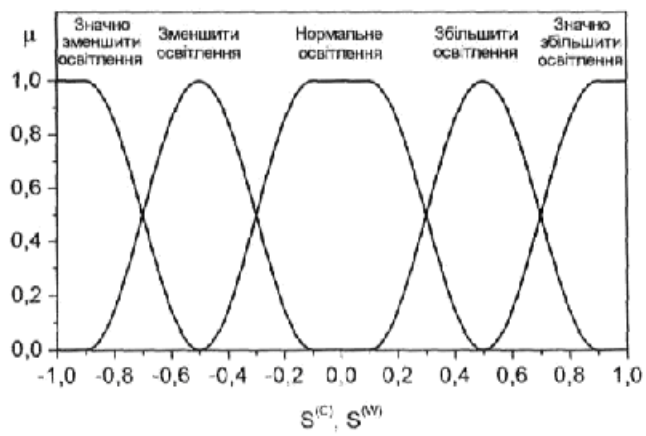


Fig. 5



Фіг. 6



Фіг. 7

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601