

УДК 004.048

I.V. БАКЛАН, С.І. ХУССЕЙН, О.К. ОЧЕРЕТЯНИЙ
 Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ВІД СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МАНІПУЛЯТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У даній статті розглядається метод розпізнавання емоцій людини за рухами маніпулятора за допомогою лінгвістичного моделювання з використанням апарату прихованих марковських моделей. Описані методи вирішення задачі побудови лінгвістичної моделі, а також розглянуто підхід до інтерполяції траєкторії рухів маніпулятора за допомогою поліному Лагранжа.

Ключові слова: лінгвістичне моделювання, приховані марковські моделі, передискретизація, інтерполяція, інтерполяційний многочлен Лагранжа.

I.V. БАКЛАН, С.І. ХУССЕЙН, О.К. ОЧЕРЕТЯНИЙ
 Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАННЫХ ОТ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В данной статье рассматривается метод распознавания эмоций человека по движениям манипулятора с помощью лингвистического моделирования с использованием аппарата скрытых марковских моделей. Описаны методы решения задачи построения лингвистической модели, а также рассмотрен подход к интерполяции траектории движений манипулятора с помощью полинома Лагранжа.

Ключевые слова: лингвистическое моделирование, скрытые марковские модели, передискретизация, интерполяция, интерполяционный многочлен Лагранжа.

I.V. BAKLAN, S.I. KHUSSEIN, O.K. OCHERETYANY
 National technical university of Ukraine «Kiyv polytechnical institute»

INTELLECTUAL DATA ANALYSIS FROM MODERN COMPUTER MANIPULATORS USING LINGVISTIC MODELLING

This paper considers the method of recognizing human emotions by movement of computer manipulator with help of linguistic modeling using hidden Markov models. Was described methods of solving tasks of developing linguistic model, also was reviewed approach to interpolation methods for catching trajectory moves of manipulators using Lagrange polynomial.

Keywords: linguistic modelling, hidden Markov models, overdiscretization, interpolation, Lagrange polynomial.

Вступ

На сьогоднішній день життя людини дуже тісно пов'язане із розвитком інформаційних технологій. Результатом цього стає всезагальне використання персональних комп'ютерів (ПК) у найрізноманітніших сферах життя. Вони являються знаряддям праці або ж об'єктом праці. Швидкими темпами відбувається автоматизація різноманітних виробництв та впроваджуються системи контролю і управління на підприємствах. У зв'язку з цим постає необхідність частоті постійної напруженої роботи персоналу з ПК. Найчастіше це викликає фізичне та емоційне виснаження, що, у свою чергу, призводить до зменшення ефективності та продуктивності роботи, а, у певних випадках, навіть, може спричинити виникнення небезпечних ситуацій.

Виходячи з усього вищесказаного можна зробити висновок щодо необхідності постійного моніторингу емоційного стану користувача ПК з метою запобігання нервового перенавантаження та стресового стану організму. Одним із найпростіших способів ідентифікації емоцій являється розпізнавання їх за допомогою виявлення безумовних рефлексів як реакції на поточний стан організму, в нашому випадку – безсвідомих мікрорухів руки. Для реалізації даної задачі чудово підходить метод лінгвістичного моделювання. Перевагою такого підходу являється відсутність необхідності використання додаткового спеціалізованого устаткування і можливість реалізації поставленої мети за допомогою звичайного ПК у типовій комплектації.

Постановка проблеми

Завданням даного дослідження є розробка автоматизованого методу для розпізнавання емоційного стану користувача ПК із застосуванням методів лінгвістичного моделювання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Розвиток інтелектуального аналізу даних передбачає розвиток математичних методів для вирішення поставленої задачі. У зв'язку з цим прослідковується тенденція до зростання кількості публікацій, що висвітлюють різноманітні методи для розпізнавання образів [1-3, 6]. На даний момент найбільш популярні такі розповсюджені підходи як: Байєсові мережі, нейронні мережі, приховані марковські моделі, теорія автоматів, гібридні моделі та ін. Використання Байєсових мереж добре висвітлено в роботах Бідюка П.І. [1]. Автор описує варіанти використання Байєсових мереж для вирішення прикладних задач, однією з яких є розпізнавання образів. Для побудови моделі у режимі отримання даних, для обробки таких даних, дані мережі надають можливість обробки як в режимі реального часу, так і у вигляді статистичних масивів інформації і баз даних. При цьому, завдяки використанню представлення взаємодії між факторами процесу у вигляді причинно-наслідкових зв'язків в мережі, у порівнянні з іншими методами інтелектуального аналізу даних, досягається максимально високий рівень візуалізації та, як наслідок, чітке розуміння суті взаємодії факторів процесу між собою. Іншими перевагами Байєсових мереж є можливості врахування невизначеностей статистичного, структурного і параметричного характеру, а також формування висновку за допомогою різних методів – наближених і точних. Загалом, можна сказати, що Байєсові мережі – це високоресурсний метод ймовірнісного моделювання процесів довільної природи з невизначеностями різних типів, який забезпечує можливість достатньо точного опису їх функціонування.

Іншим методом інтелектуального аналізу даних є приховані марковські моделі, досліджені в роботах Баклана І.В. та Степанкової Г.А. [4]. Автори описують приховані марковські моделі як один із найкращих методів для обробки динамічних даних у реальному часі, для побудови лінгвістичної моделі та отриманні інформації про появу повторювальних елементів, образів, а також визначення порядку переходів між одним образом та наступним. Складеним методом інтелектуального аналізу даних є використання гібридних моделей. Даний підхід розглянутий у дослідженнях Степанкової Г.А. та Баклана І. В. [9]. Автори описують процес поєднання нечітких множин та прихованих марковських моделей. Моделі такого роду аналізу відомі під назвою прихованих марковських моделей (ПММ). Така схема аналізу з використанням однорідних ПММ може бути застосована для аналізу даних кількох людей, які спостерігаються періодично, для опису розвитку хвороби або змін у динаміці поведінки. Але припущення про однорідність в моделі Маркова, тобто що ймовірності переходів є постійними в часі та між окремими особами, можуть бути серйозним обмеженням для використання цих моделей. Щоб розв'язати цю проблему, вищезгаданими авторами було запропоновано ввести поняття неоднорідних ПММ. Це дозволяє матриці переходу прихованого ланцюжка змінюватися у часі або за іншим параметром на основі екзогенних коваріацій.

Формулювання цілей статті

Дана стаття має на меті опис методу побудови лінгвістичних моделей динамічних образів емоційного стану користувача інформаційних систем з використанням комп'ютерних маніпуляторів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для вирішення поставленої задачі, авторами пропонується використовувати принципи та підходи лінгвістичного моделювання. Дана методологія надає можливість швидкого та ефективного аналізу чисельних рядів, експериментальних даних, багатомірних даних завдяки приведенню їх до символічного вигляду та відновлення правил формальних граматик із отриманих лінгвістичних послідовностей.

В якості вхідних даних використовуються ті дані, які генерує маніпулятор, а саме часовий ряд координат маніпулятора в системі координат екрану. Результатом аналізу вхідних даних являється формування гібридної моделі на основі лінгвістичних та прихованих марківських моделей, що ставиться у відповідність біометричним показникам користувача пристрою. Дана система працює у двох режимах: в режимі навчання, в результаті якого формуються нормовані біометричні еталони, а потім у режимі розпізнавання, при якому порівнюється поточний біометричний зразок із еталонними. У випадку ідентифікації користувача ПК, в якості еталонного екземпляру виступає нормований зразок комп'ютерного почерку конкретного користувача, з яким система порівнює зчитані у користувача дані. При застосуванні даного підходу для визначення емоційного стану, із даних формується 6 біометричних еталонів, кожному з яких відповідає одна із основних 6 емоцій (радість, гнів, подив, страх, смуток, відраза).

Головна ідея переходу від числового ряду до символічного, від якої залежить результат лінгвістичного моделювання, базується на розбитті множини вхідних чисельних даних на коректні інтервали. Для побудови лінгвістичної моделі необхідно вибрати такі параметри як: Δt – тактова частота сканування координат руху комп'ютерного маніпулятора та потужність алфавіту, що визначає кількість інтервалів, на які буде розбита часова послідовність. На етапі попередньої обробки даних може виникнути проблема, що пов'язана із малою частотою дискретизації вхідних даних. В такому разі необхідно виконати передискретизацію даних [8], виконавши інтерполяцію цих даних.

Інтерполяція – це спосіб знаходження проміжних значень величини по вже наявному дискретному набору відомих значень. Одним із підходів для вирішення поставленого завдання є інтерполявання за допомогою класичного многочлену Лагранжа. Інтерполяційний многочлен Лагранжа — многочлен мінімального степеня, що приймає дані значення у даному наборі точок. Для $n + 1$ пар чисел $(x_0, y_0), (x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$, де всі x_i різні, існує єдиний многочлен $L(x)$ ступеню не більшого від n , для

якого $L(x_i) = y_i$. Маємо наступну формулу поліному, в основі якої лежить базис поліномів Лагранжа $l_k(x)$ ступеню n :

$$l_k(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i = k \\ 0, & \text{якщо } i \neq k \end{cases}$$

Поліноми Лагранжа мають вигляд:

$$l_k(x) = \prod_{i=0, i \neq k}^n \frac{x-x_i}{x_k-x_i}$$

Тоді поліном $P_n(x)$ набуде наступного вигляду:

$$P_n(x) = \sum_{k=0}^n y_k \prod_{i=0, i \neq k}^n \frac{x-x_i}{x_k-x_i}$$

Цей поліном має ступінь не вищу за n та $P_n(x_i) = y_i$. Формулу полінома $P_n(x)$ й називають формулою Лагранжа. Кількість арифметичних дій для його обчислення пропорційна n^2 . У результаті передискретизації ми отримуємо проміжні значення, достовірність яких перевірити неможливо, оскільки нас обмежує у значеннях роздільна здатність екрану, на якому проводиться дослідження. Тому доцільно перевірити якість знаходження реальних проміжних значень. У таблиці нижче наведені значення координат маніпулятора, які будуть інтерполюватися.

Таблиця 1

Координати руху маніпулятором

x (in.)	y (in.)
106	77
96	80
86	83
81	85
75	88

В якості вузлів інтерполяції візьмемо:

$$x_s = \begin{pmatrix} 96 \\ 86 \\ 75 \\ 60 \end{pmatrix} \quad y_s = \begin{pmatrix} 80 \\ 83 \\ 88 \\ 93 \end{pmatrix}$$

Для перевірки реальності шуканих значень, відобразимо на отриманому графіку $x_{desired} := 81$ реальну координату між заданими вузлами інтерполяції, а також знайдемо значення поліному Лагранжа у цій точці. Розрахунки проводилися в середовищі MathCAD.

У результаті отримуємо інтерпольовану функцію $f_{cubic}(x) := L_0(x) \cdot y_{s_0} + L_1(x) \cdot y_{s_1} + L_2(x) \cdot y_{s_2} + L_3(x) \cdot y_{s_3}$. Графік функції наведено на рисунку 1.

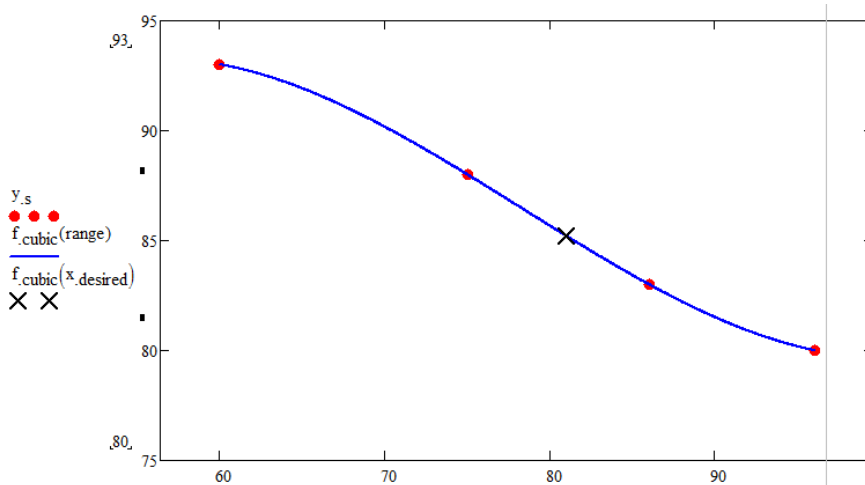


Рисунок 1 – Графік інтерполяційного поліному Лагранжа

Як бачимо з графіку, шукане проміжне значення належить множині значень поліному. Тепер перевіримо значення поліному Лагранжа в цій точці: $f_{cubic}(x_{desired}) = 85.202$. Значення многочлена Лагранжа близьке до значення координати y в цій точці, а, отже, можна зробити висновок, що даний метод підходить для отримання додаткових проміжних даних з метою створення більш точних та достовірних моделей. Виконавши попередню обробку вхідних даних, можна безпосередньо перейти до побудови лінгвістичної моделі. Алгоритмічна реалізація лінгвістизації передбачає виконання наступних кроків [4]:

Нехай маємо часовий ряд довжиною M (для скорочення розглянемо одну координату x), який описує деякий процес руху руки комп'ютерної мишки.

- Сформуємо для заданого часового ряду різницевий ряд першого порядку різниці першого порядку:

$$X^1(i) = X(i + 1) - X(i) .$$
- Відсортуємо різницевий ряд за зростанням $X^1 \rightarrow Xs^1$.
- Знаходимо $max(Xs^1)$ та $min(Xs^1)$.
- Розбиваємо відрізки $[min(Xs^1), 0]$ та $[0, max(Xs^1)]$ на N відрізків за правилами рівнозначної інтервалізації, при якій

$$\omega(a_1, b_1) = \omega(a_2, b_2) = \dots = \omega(a_n, b_n),$$

де $\omega(a_i, b_i) = b_i - a_i$ - ширина інтервалу $I[a_i, b_i]$ [2]. Приклад отриманих інтервалів наведено на рисунку 2.

Interval X:			
a	min = -3.500000000000001	max = -3.500000000000001	
b	min = -3.500000000000001	max = -0.9752836784443142	
c	min = -0.9752836784443142	max = -0.3441045980553925	
d	min = -0.3441045980553925	max = -0.13371157125908528	
e	min = -0.13371157125908528	max = -0.05481418621047007	
f	min = -0.05481418621047007	max = -0.023255232191023996	
g	min = -0.023255232191023996	max = -0.010105668016254794	
h	min = -0.010105668016254794	max = -0.004470140512782279	
i	min = -0.004470140512782279	max = 0.0	
A	min = 0.0	max = 0.0	
B	min = 0.0	max = 2.5247163215556867	
C	min = 2.5247163215556867	max = 3.1558954019446084	
D	min = 3.1558954019446084	max = 3.3662884287409156	
E	min = 3.3662884287409156	max = 3.445185813789531	
F	min = 3.445185813789531	max = 3.476744767808977	
G	min = 3.476744767808977	max = 3.4898943319837463	
H	min = 3.4898943319837463	max = 3.495529859487219	
I	min = 3.495529859487219	max = 3.5000000000000013	

Рисунок 2 – Інтервали числового ряду

6. Створимо матрицю, рядки якої зберігатимуть елементи підряду, що потрапили до відповідного інтервалу. Поставимо у відповідність кожному рядку у відповідність літеру із алфавіту $A = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, A, B, C, D, E, F, G, H, I\}$.

7. Замінімо кожну різницю у невідсортованому ряді на літеру відповідно до того, в який інтервал однієї із підчастих відсортованого ряду потрапила задана різниця. В результаті даної операції ми отримаємо ланцюжок переходів для отриманої граматики.

8. Сформуємо матрицю передування для прихованої марковської моделі.

Прихований марковський ланцюжок – це марківський ланцюжок, який приймає значення на скінченному фазовому просторі станів. Умовні ймовірності

$$a_{ij} = P(X_n = j | X_{n-1} = i), n \geq 1, i, j \in S.$$

Матриця переходів будується як

$$A = (a_{ij})_{i=1, j=1}^{J, J}$$

із обмеженнями:

$$a_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^J a_{ij} = 1 [4].$$

Множина станів – це фактично букви обраного нами алфавіту.

Для кожної пари станів, наприклад $\langle d, S \rangle$ підраховуємо $v(d, S)$ скільки разів вона зустрічається в лінгвістичному ланцюжку $L(x_1^1), \dots, L(x_M^1)$. На рисунку 3 наведений приклад сформованої матриці.

TABLE X:																		
	i	h	g	f	e	d	c	b	a	A	B	C	D	E	F	G	H	I
i	39	0	0	0	0	0	0	4	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c	4	0	0	0	0	0	23	11	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
b	0	0	0	0	0	0	15	215	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	9	0	0	0	0	0	8	8	0	0	253	14	0	0	0	0	0	5
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	11	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3 – Матриця передування

9. На основі отриманої матриці тепер можна сформулювати правила формальної граматики. Поділивши $v(d, S)$ на загальну кількість входжень літери “d” отримуємо частоту переходів зі стану “d” в стан “S”. Правила визначаються лише для тих випадків, коли значення комірки є ненульовим – тобто

можливий перехід із одного стану в інший. На рисунку 4 наведений приклад сформованої формальної граматики.

$$v(d \rightarrow S) = \frac{V_{d,s}}{w_d}$$

LINGUA RULES X:	
i	- (0.75) -> i
i	- (0.08) -> b
i	- (0.17) -> B
c	- (0.09) -> i
c	- (0.5) -> c
c	- (0.24) -> b
c	- (0.17) -> B
b	- (0.06) -> c
b	- (0.9) -> b
b	- (0.03) -> B
B	- (0.03) -> i
B	- (0.03) -> c
B	- (0.03) -> b
B	- (0.85) -> B
B	- (0.05) -> C
B	- (0.02) -> I
C	- (0.63) -> B
C	- (0.37) -> C
I	- (1.0) -> C

Рисунок 4 – Правила формальної граматики

Висновки

Таким чином, у статті викладено можливий підхід щодо вирішення задачі розпізнавання емоційного стану користувачів інформаційних систем із використанням методу інтелектуального аналізу даних, а саме методу лінгвістичного моделювання. Метод базується на статистичних даних, принципах інтервалізації та ймовірнісних розрахунків.

Автори планують продовжувати напрямком досліджень задля перевірки теоретичних припущень і гіпотез та їх адаптації до практичного застосування.

Список використаної літератури

1. П.І. Бідюк Основні етапи побудови і приклади застосування мереж байеса / П.І. Бідюк, Н.В. Кузнецова - Системні дослідження та інформаційні технології - 2007, № 4.
2. І.В. Баклан Про деякі нові особливості використання прихованих марковських моделей для аналізу та прогнозування часових рядів / І.В. Баклан, Г.А. Степанкова - «Штучний інтелект» - 2010, №4.
3. Бодянский Е.В. Штучні нейронні мережі: архітектури, навчання, застосування. / Бодянский Е.В., Руденко О.Г. - Biennial Baltic Electronics Conference – 2011.
4. Баклан І.В. Структурний підхід до аналізу та прогнозування поведінки часових рядів / І. В. Баклан, Ю. М. Селін - Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2005, - №2 – С,27-31.
5. Бідюк П. І. Моделювання та прогнозування нелінійних динамічних процесів / Бідюк П. І., Баклан І. В., Литвиненко В. І. - К.: ЕКМО. - 2004.
6. Крак Ю.В. Інформаційна технологія аналізу й синтезу мімічних станів обличчя людини для систем жестової комунікації / Крак Ю.В. - м. Херсон: ПП Вишемирський В.С. 2016 - Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту – 86 с.
7. Очеретяний О.К. Інтелектуальний аналіз даних від сучасних маніпуляторів з використанням лінгвістичного моделювання/ Очеретяний О.К., Хусейн С.І., Баклан І.В. - м. Херсон: ПП Вишемирський В.С. 2016 - Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту – 126 с.
8. Рашкевич Ю.М. Передискретизація у випадку двох вхідних зображень на основі операторів подібності/ Рашкевич Ю.М., Пелешко Д.Д., Ізонін І.В., Батюк Д.А.- м. Херсон: ПП Вишемирський В.С. 2016 - Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту – 307с.
9. Баклан І.В. Імовірнісні моделі для аналізу та прогнозування часових рядів / І.В. Баклан, Г.А. Степанкова - Штучний інтелект. — 2008. — № 3.