

О.О. ПЕТРОВА, Р.В. БУРМЕНСЬКИЙ  
Харківський національний університет будівництва та архітектури

## ЛОГІЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ В РОЗРОБЦІ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ

Розроблена мовою логічного програмування *Visual Prolog* інформаційно-довідкова система астрономічного спрямування, яка надає рекомендації зі спостереження за сузір'ями згідно з широтою, на якій знаходиться спостерігач, при цьому існує можливість виведення списку найбільших зірок сузір'я та вибору міста, з якого відбувається спостереження. Інформаційно-довідкова система складається з трьох експертних систем: перша призначена для виведення списку зірок за фактором віддаленості від Сонця; друга – для виведення списку планет за фактом наявності або відсутності введених користувачем газів у складі їх атмосфери та третя – для надання рекомендацій зі спостереження за сузір'ями на основі широти, на якій знаходиться спостерігач. В цілому, запропонована інформаційно-довідкова система призначена для надання користувачу довідкової інформації стосовно небесних тіл Сонячної системи та віддалених астрономічних об'єктів, що полегшує пошук інформації стосовно оптимального часу спостереження за сузір'ями та надає перелік найбільших зірок у них астрономам-аматорам.

Ключові слова: логічне програмування, експертна система, астрономія, спектральний клас, *Visual Prolog*.

O.O. PETROVA, R.V. BURMENSKY  
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture

### USE OF LOGICAL PROGRAMMING IN THE DEVELOPMENT OF THE INFORMATION REFERRAL SYSTEM

The article describes information referral system of astronomical direction developed in the logical programming language, *Visual Prolog*, which consist of three expert systems for determining both physical characteristics and chemical composition of astronomical objects, and for determining the best observing point on the globe, marked by geographical latitude and longitude. The first expert system intended for displaying a list of stars located in the user-defined range of distance from the Sun, and provides information about stellar type. The program consists of Constant section that describes amount of light years in a parsec and is intended for the conversion of corresponding measurement units. The Domains section describes the types of predicate arguments developed by the programmer, such as the name of the star, the star type, the distance to the Sun in light years and parsecs. The Predicates section of the program contains declaration of the following predicates: a predicate for the creation of facts containing the distance from the Sun to the star in light years and indefinite predicate (nondeterm), based on which a rule is created to search for stars within a given distance range, and an indefinite predicate that is intended to implement the rules of the user's menu. The Clauses section describes the facts and rules for working with the developed expert system. The second expert system is designed to display the list of planets in the presence or absence of user-introduced gases in their atmosphere. The Domains section describes the following predicate arguments: planet name, planet type, presence of atmosphere and name of the gas. The predicates section of the program consists predicates for creating planets database, defining presence or absence of planet's atmosphere, predicates for creating the rules for creating a list of dwarf, terrestrial or gas giant planets, and predicates for listing the planets in the presence or absence of the gas introduced by predicate argument. The third expert system provides advice on observing constellations based on the latitude or the city in which the observer is. The second and third expert systems have a structure similar to the first one. In general, the proposed information reference system is designed to provide the user with background information on the celestial bodies of the solar system and remote astronomical objects, which facilitates the search for information on the optimal time of observation of the constellations and provides a list of their largest stars to amateur astronomers.

Keywords: logical programming, expert system, astronomy, spectral class, *Visual Prolog*.

### Вступ

Дослідження фізичних та хімічних властивостей небесних тіл є основною задачею сучасної астрономії. Такі фізичні характеристики планет та транснептунових об'єктів (ТНО), як середня температура поверхні, тиск, хімічний склад атмосфери, радіус, маса та рівень радіації, є дуже важливими чинниками під час проектування, вибору матеріалів та побудови космічних апаратів для дослідницьких місій.

Фізичні та хімічні характеристики планет, екзопланет, зірок та інших астрономічних об'єктів зазвичай визначаються за допомогою спектрального аналізу [1].

### Постановка проблеми

Відсутність довідкової системи, що буде надавати рекомендації зі спостереження за небесними тілами для астрономів-любителів, збільшує час на пошук необхідної для спостереження інформації у різних джерелах. Через нахил вісі Землі по відношенню до екліптики, список сузір'їв, що можна спостерігати із заданої широти планети, варіюється впродовж року, тому в ході надання рекомендацій зі спостереження слід враховувати кращий для спостерігача місяць та час.

Важливою інформацією для астрономів також є фізичні та хімічні характеристики астрономічних об'єктів, оскільки існує певна кореляція між обладнанням та місцевістю для спостереження і властивостями небесного тіла. Наприклад, галактика Трикутника має невисоку яскравість і спостереження за нею найкраще проводити у сільській місцевості.

Дану проблему можна вирішити шляхом створення експертних систем (ЕС) для визначення основних властивостей астрономічних об'єктів за складом атмосфери планет і ТНО, за визначенням найближчих до Сонця зірок та за визначенням найкращого місця спостереження за небесними світилами.

Авторами була створена експертна система, що надає рекомендації зі спостереження за сузір'ями згідно з широтою, на якій знаходиться спостерігач, при цьому існує можливість виведення списку

найбільших зірок сузір'я та вибору міста, з якого відбувається спостереження.

#### Аналіз останніх досягнень та публікацій

Експертна система GEOBASE [2] на мові Visual Prolog є географічним довідником США, що містить інформацію про населення, столицю штату, штати, що межують з поточним, ріки, міста, найвищу та найнижчу географічну точку. Дана програма має синтаксичний аналізатор, що виконує аналіз запиту користувача на предмет ключових слів за допомогою зіставлення з шаблоном.

Програма Spacelab [3] призначена для проведення серій експериментів для астронавтів із тестування вестибулярного апарату.

В статтях [4, 5] мова логічного програмування була використана авторами для розробки експертних систем технічного та економічного спрямування.

Система, що була розроблена авторами, надає рекомендації зі спостереження за сузір'ями і має базу даних зірок та їх фізичних властивостей, а користування програмою виконується за допомогою меню користувача.

#### Проектування та реалізація експертних систем

Розроблена мовою логічного програмування Prolog інформаційно-довідкова система складається з трьох експертних систем. Перша експертна система дозволяє виводити перелік зірок, що знаходяться у заданому користувачем діапазоні на відстані від Сонця, а також надає інформацію про тип зірки. У розділі Constants описана константа lightYearsInParsek, що описує кількість світлових років у парсеках і слугує для відповідної конвертації величин.

У розділі програми Domains задекларовані starName (назва зірки) та starType (тип зірки) типу string; distance (відстань до Сонця у світлових роках), distancePK (відстань до Сонця у парсеках), range (діапазон відстані) типу real та item (пункт меню) цілочислового типу integer. Застосування даних доменів та їх зміст наданий у нижче описаних предикатах.

Розділ Predicates містить наступні предикати:

- defineStar (опис зірки) – предикат, що застосований для організації бази даних зірок та містить параметри starName та starType;
- starDist (відстань до зірки) – предикат, що використовується для створення фактів, що містять відстань від Сонця до зірки у світлових роках; аргументи даного предикату мають тип starName та distance;
- starsInRange – невизначений предикат (nondeterm), на основі якого створене правило зі знаходження зірок, що знаходяться у діапазоні відстані, вказаному параметром range; аргументи даного предикату мають тип distance та starName;
- starsInRangeType – невизначений предикат, який слугує для створення правила пошуку зірок, що знаходяться у межах вказаного діапазону відстані та мають визначений тип; має чотири параметри: range, distance, starName, starType;
- method – невизначений предикат, що призначений для реалізації правил роботи меню користувача; параметр item відповідає необхідному пункту меню; параметри starName та distance є вихідними і використані для виведення інформації про зірки, що відповідають умовам пошуку, які були задані користувачем;
- lightYearsToParsek – предикат, що описує правило конвертування відстані у світлових роках до парсеків і має параметри distance та distancePK.

На рис. 1 надано список доменів та предикатів розробленої експертної системи.

```

CONSTANTS
    lightYearsInParsek = 3.26156
DOMAINS
    starName, starType = string
    distance, distancePK, range = real
    item = integer
FACTS
    defineStar(starName, starType)
    starDist(starName, distance)

PREDICATES
    nondeterm starsInRange(range, distance, starName)
    nondeterm starsInRangeType(range, distance, starName, starType)
    nondeterm method(item, starName, distance)
    lightYearsToParsek(distance, distancePK)

```

Рис. 1. Список доменів та предикатів розробленої експертної системи

На рис. 2 зображено запит до експертної системи на виведення усіх червоних карликів на відстані, що не перевищує 10 світлових років.

```

Введите максимальное допустимое расстояние (св. лет): 10
Введите класс звезды: Красный карлик
Название звезды: Proxima Centauri, расстояние (св. лет): 4.2421 (1.300635279 пк)
Method=2, StarName=Proxima Centauri, Distance=4.2421, DistancePK=1.300635279
Название звезды: Barnard's Star, расстояние (св. лет): 5.963 (1.828266228 пк)
Method=2, StarName=Barnard's Star, Distance=5.963, DistancePK=1.828266228
Название звезды: Wolf 359, расстояние (св. лет): 7.7825 (2.38612811 пк)
Method=2, StarName=Wolf 359, Distance=7.7825, DistancePK=2.38612811
Название звезды: Lalande 21185, расстояние (св. лет): 8.2905 (2.541881799 пк)
Method=2, StarName=Lalande 21185, Distance=8.2905, DistancePK=2.541881799
Название звезды: Luyten 726-8 A, расстояние (св. лет): 8.728 (2.676020064 пк)
Method=2, StarName=Luyten 726-8 A, Distance=8.728, DistancePK=2.676020064
Название звезды: Luyten 726-8 B, расстояние (св. лет): 8.728 (2.676020064 пк)
Method=2, StarName=Luyten 726-8 B, Distance=8.728, DistancePK=2.676020064
Название звезды: Ross 154, расстояние (св. лет): 9.6813 (2.968303511 пк)
Method=2, StarName=Ross 154, Distance=9.6813, DistancePK=2.968303511

```

Рис. 2. Запит до експертної системи на виведення найближчих червоних карликів

Друга програма призначена для виведення переліку планет і ТНО залежно від складу атмосфери.

Розділ опису доменів та предикатів для експертної системи, яка дозволяє вивести список планет за фактом наявності або відсутності введених користувачем газів у складі їх атмосфери, наведено на рис. 3.

```

DOMAINS
planet_name = string
planet_type = terrestrial ; gas_giant ; dwarf
atmosphere = has ; has_not
gas = string
item = integer

PREDICATES
nondeterm planet(planet_name, planet_type, atmosphere)
nondeterm planetAtmosphere(planet_name, gas)
nondeterm hasAtmosphere
nondeterm terrestrial_planets
nondeterm gas_giant_planets
nondeterm dwarf_planets
nondeterm without_gas_in_atmosphere(gas)
nondeterm with_gas_in_atmosphere(gas)
nondeterm method(item)
nondeterm atmstruct(planet_name)

```

Рис. 3. Фрагмент розробленої програми

Третя експертна система призначена для надання рекомендацій щодо спостереження за зірками на основі даних широти спостерігача. В розділі Predicates задекларовано предикати, розроблені програмістом, такі як: defineStar – невизначений предикат, на основі якого створена база даних зірок в розділі Clauses; inWidthRange – предикат, що є істинним у разі можливості спостереження сузір'я з заданих меж широти; monthMatches – предикат, правило на основі якого перевіряє, чи заданий місяць є оптимальним для спостереження за сузір'ям; writeConstellation – предикат, що призначений для організації виведення на консоль інформації про сузір'я, що передане в якості параметра constellation; addStar – невизначений предикат, правило на основі якого виконує додавання зірки до об'єкту сузір'я constellation; defineConstellation – невизначений предикат, що слугує для організації бази даних сузір'їв; city – невизначений предикат, що призначено для організації бази даних міст. Має один параметр типу string, який задає назву міста та latitude, що містить широту, на якій воно знаходиться (рис. 4).

```

PREDICATES
nondeterm city(string, latitude)
nondeterm defineStar(starDef, constellationName)
nondeterm inWidthRange(constellationDef, real, real)
nondeterm monthMatches(constellationDef, month)
writeStar(starDef)
writeConstellation(constellationDef)
nondeterm addStar(starDef, constellation, constellation)
nondeterm writeList(constellation)
nondeterm defineConstellation(constellationDef, hemisphere)
nondeterm menu(integer)

```

Рис. 4. Список предикатів розробленої експертної системи

На рис. 5 надано меню користувача, за допомогою якого виконується навігація за експертною системою.

Введите пункт меню:

1. Вывести крупнейшие звезды заданного созвездия
  2. Найти созвездия, которые наблюдаются в заданных широтах в заданный месяц
  3. Вывести список созвездий северного полушария
  4. Вывести список созвездий южного полушария
  5. Вывести список созвездий, наблюдаемых из выбранного города в заданный месяц
- Выбор: |

Рис. 5. Головне меню користувача експертної системи

На рис. 6 наведено найбільш сприятливі для спостереження сузір'я в околицях міста Харкова з вказанням найкращої пори року для спостережень.

Введите название города (например, Киев): Харьков  
 Введите месяц (например, Январь): Октябрь  
 Созвездие Ящерица. Наблюдается в широтах [90,-40].  
 Лучший месяц для наблюдения: Октябрь. Лучшее время для наблюдения: 21:00.

Choice=5  
 Созвездие Пегас. Наблюдается в широтах [90,-60].  
 Лучший месяц для наблюдения: Октябрь. Лучшее время для наблюдения: 21:00.

Рис. 6. Фрагмент результату виведення списку сузір'їв, що можна спостерігати з міста Харків

### Висновки

Розроблені експертні системи призначені допомогти користувачам у вирішенні конкретних проблем астрономічної предметної області шляхом надання рекомендацій для отримання необхідної інформації та розроблені на основі евристичної моделі представлення знань.

Комплекс експертних систем, що був створений авторами, містить інформацію про основні фізичні характеристики небесних тіл та структуру атмосфери планет і ТНО Сонячної системи, що полегшує пошук інформації стосовно оптимального часу спостереження за сузір'ями та надає перелік найбільших зірок у них астрономам-любителям.

### Література

1. Феоктистов. Л.А. Большая энциклопедия астрономии / сост. Л.А. Феоктистов. – М. : ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС», 2009. – 200 с.
2. Гудков П.А. Методологические указания к выполнению лабораторных работ «Системы искусственного интеллекта» / П.А. Гудков – П. : ПГУ, 2007. – 53 с.
3. William H. Paloski. Use of a Forth-Based Prolog for Real-Time Expert / William H. Paloski, Louis L. Odette, Alfred J. Krever, Allison K. West // Journal of Forth Application and Research. – 1986. – Volume 4, Number 4. – P. 307–308.
4. Петрова О.О. Експертна система «Визначення оцінки параметрів ризику виробничих об'єктів» / О.О. Петрова, Д.Л. Аксьонова // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2016. – № 4. – С. 146–148.
5. Сізова Н.Д. Експертна система «Інвестиційна привабливість обласних центрів України» / Н.Д. Сізова, О.О. Петрова, А.С. Камардін // Радиоэлектроника и информатика. – 2016. – № 2 (73). – С. 29–32.

### References

1. Feoktistov. L.A. Bol'shaya entsiklopediya astronomii / Sost. L. A. Feoktistov. – M. : ZAO «ROSMEN-PRESS», 2009 g. – 200 str.
2. Gudkov P.A. Metodologicheskiye ukazaniya k vypolneniyu laboratornykh rabot «Sistemy iskusstvennogo intellekta» / P.A. Gudkov – P.: PGU, 2007. – 53 str.
3. William H. Paloski, Louis L. Odette, Alfred J. Krever, Allison K. West. Use of a Forth-Based Prolog for Real-Time Expert // Journal of Forth Application and Research Volume 4, Number 4, 1986. – P. 307-308.
4. Petrova O.O. Ekspertna systema «Vyznachennya otsinky parametriv ryzyku vyrobnychykh ob'yektiv» / Petrova O.O., Aks'onova D.L. // Visnyk Khmelnyts'koho natsional'noho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2016. - № 4. – S. 146–148.
5. Sizova N.D. Ekspertna systema «Investytsijna pryvablyvist'» oblasnykh tsestriv Ukrayiny» / N.D. Sizova, O.O. Petrova, A.S. Kamardin // Radioelektronika i informatika. – 2016. - № 2 (73). – S. 29-32.

Рецензія/Peer review : 21.11.2017 р.

Надрукована/Printed :01.12.2017 р.  
 Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Сізова Н.Д.