



ВІСНИК

КРЕМЕНЧУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohadskyi National University

Випуск 5/2011 (70)

Editor-in-chief
Bogirnyak – Corresponding Member of the National Academy of Pedagogic Sciences of Ukraine,
Prof.
Editor-in-chief
govoi, CandSc, Prof.

EDITORIAL BOARD

B. Petrenko, Prof.;
V. Komir, Prof.;
T. Korenko, Assoc. Prof.;
O. Kratt, Prof.;
V. Lyashenko, Assoc. Prof.;
V. Martynov, Assoc. Prof.;
V. Maslak, Assoc. Prof.;
O. Maslak, Prof.;
O. Maslov, Prof.;
M. Moroz, Assoc. Prof.;
V. Mos'pan, Assoc. Prof.;
A. Nekrasov, Assoc. Prof.;
A. Oksanych, Prof.;
P. Pererva, Prof.;

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Lubomír Paná, Prof. (Czech);
Jimmie Cathey, Prof. (USA);
Janusz Słodczyk, Prof. (Poland);
Ren Enen, Prof. (China).

Executive Secretary – V. Nykyforov, DSc., Assoc. Prof.;
Technical Editor – T. Kozlovs'ka, CandSc., Assoc. Prof.;
Manager Editor – T. Zablotnska

suant to the Decree of General Committee of the State Commission for Academic Degrees and Titles of Ukraine № 1-05/3 of 27 May, 2009 the journal is registered in the List of specialized editions for the research results of doctoral and candidate theses in Engineering to be published in. The journal is reviewed by the VINITI abstract journal and database (Russian Academy of Science), global serials directory «ULRICH PERIODICALS DIRECTORY», and national database «UKRAINIANA NAUKOVA» («Dzherel» abstract journal).

The journal is published by the decision of the Scientific Council of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Record № 3 of 27.11.2011). Registration Certificate № 16538-3010 of 24 March, 2010.

The journal publishes only peer-reviewed articles, which cover theoretical and experimental aspects of research outcomes in the fields of Engineering, Natural and Economic Sciences, and Humanities.

The journal has been published since 1996.

© Science and Research Department, 2011.

ISSN 1995-0519
ISSN 2072-8263

Office address: vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Poltavskaya oblast, Ukraine 39600, Science and Research Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. Tel: +3805366 36217.
E-mail: yisnik@kdu.edu.ua Websites: www.kdu.edu.ua, www.nbuu.gov.ua

НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

РАДІАЦІОННІ ПЛОТНОМЕРЫ, РЕГИСТРИРУЮЩІ
ОБРАТНО РАССЕЯННЯ ГАММА-ІЗЛУЧЕННЯ
T. H. Козак

ДІАГРАММА ІНДЕНТИРОВАННЯ І СОВРЕМЕННІ МЕТОДИ ІЗМІРЕННЯ ТВЕРДОСТІ
B. I. Мощенок, L. L. Костина

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ АСТЕРОИДОВ
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ COLITEC (CLT)
B. E. Саванеич, B. H. Ткачев, A. B. Брюховецкий, A. M. Кожухов, B. P. Власенко, E. N. Диков

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ВИТІСНЕННЯ В ПРОСТОРОВО
ВИКРИВЛЕНІХ НАФТОГАЗОВИХ ПЛАСТАХ
A. Я. Бомба, A. B. Теребус, C. B. Яроцька

МОДЕЛЮВАННЯ СТАЦІОНАРНИХ ДИФУЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У РЕГУЛЯРНИХ СТРУКТУРАХ
ЗА ПЕРІОДИЧНОГО ХАРАКТЕРУ КОНВЕКТИВНИХ ЯВИЩ
B. C. Гончарук, B. A. Дмитрук

МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЮ ВИТОКІВ РІДИН
ІЗ ТРУБОПРОВОДІВ
L. M. Заміховський, L. O. Штаср

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ ТОЧНОМ УЧЕТЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОСЦИЛИРУЮЩИХ УСЛОВИЙ ТЕПЛООБМЕНА
НА ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
A. П. Слесаренко, Ю. О. Кобрикович

УЗАГАЛЬНЕНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ КОЕФІЦІЕНТА ВИТЯГУВАННЯ МАТЕРІАЛУ
ПРИ ВИРОЩУВАННІ МОНОКРЕМЕНІЮ
K. O. Куделіна, B. P. Петренко

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ОБСМУ ГАЗОВОЇ БУЛЬБАШКИ
ПРИ ФІКСОВАНІЙ КІЛЬКОСТІ ГАЗОВОЇ ФАЗИ
A. O. Малько

СИНТАКСІС ВІзуальних мов предметно-опиштованого
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
B. I. Межуев

СЕГМЕНТАЦІЯ КОРІСТУВАЧІВ ІНТЕРНЕТ КАФЕДРИ УНІВЕРСИТЕТУ НА ОСНОВІ
АПІОРНО-АПОСТЕРІОРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ЗАДАЧАХ МОНІТОРІНГУ ІНТЕРНЕТ-АКТИВНОСТІ
B. M. Сидоренко, O. O. Слабченко, B. O. Моравенок

ВИПАДКОВЕ ПОЛЕ КОНЦЕНТРАЦІЇ У СТОХАСТИЧНО ШАРУВАТОМУ ПІВПРОСТОРІ
З ЕРЛАНГІВСЬКИМ РОЗПОДІЛОМ ВКЛЮЧЕНЬ
O. Ю. Чернуха, Ю. I. Білуцька

КОМПЬЮТЕРНА МОДЕЛЬ ЕКСПЕРИМЕНТА «TILEWORLD»
A. H. Шушура, K. B. Темник

ПРОГРАМНО-ІМІТАЦІОННІ ІССЛЕДОВАННЯ ВЛІННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДВУХСЛОЙНИХ
ЕЛЕМЕНОВ КОДИРУЮЩЕЙ МАСКІ СИСТЕМЫ ГАММА-ВІДЕННЯ НА ЕНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
СПЕКТР
B. A. Красносіцько

УДК 004.8

КОМПЬЮТЕРНА МОДЕЛЬ ЕКСПЕРИМЕНТА «TILEWORLD»

А. Н. Шушура, К. В. Темник

Государственный университет информатики и искусственного интеллекта, г. Донецк
просп. Б. Хмельницкого 84, 83050, г. Донецк, Украина. E-mail: kirill_temnik@mail.ru

Рассмотрен теоретический эксперимент «Tileworld» для оценки показателей производительности многоагентных архитектур. Предложена модификация, преобразующая функциональную среду эксперимента из динамической в стохастическую. Спроектирована и разработана компьютерная модель эксперимента, учитывающая особенности практической реализации.

Ключевые слова: многоагентная система, эксперимент «Tileworld», функциональная среда, компьютерная модель.

COMPUTER MODEL OF «TILEWORLD» EXPERIMENT

A. Shushura, K. Temnyk

State University Of Informatics And Artificial Intelligence, Donetsk
prosp. B. Khmelnitsky 84, 83050, Donetsk, Ukraine. E-mail: kirill_temnik@mail.ru

The theoretical experiment «Tileworld» for evaluating of performance factors multiagent architectures is considered. The modification which transforms experiment functional environment from dynamic to stochastic is proposed. The computer model of experiment considering singularities of practical implementation is designed and developed.

Key words: multiagent system, «Tileworld» experiment, functional environment, computer model.

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ЕКСПЕРИМЕНТУ «TILEWORLD»

О. М. Шушура, К. В. Темник

Державний університет інформатики і штучного інтелекту, м. Донецьк
просп. Б. Хмельницького 84, 83050, м. Донецьк, Україна. E-mail: kirill_temnik@mail.ru

Розглянуто теоретичний експеримент «Tileworld» для оцінки показників продуктивності багатоагентних архітектур. Запропоновано модифікацію, що перетворює функціональну середу експерименту з динамічної на стохастичну. Спроектовано та розроблено комп'ютерну модель експерименту, що враховує особливості практичної реалізації.

Ключові слова: багатоагентна система, експеримент «Tileworld», функціональна середа, комп'ютерна модель.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Переход к децентрализованному управлению является основной тенденцией современных теоретических и прикладных исследований в области многоагентных систем вследствие постоянного увеличения количества агентов в исследовательских и прикладных группах, а также роста ресурсных возможностей программно-аппаратных платформ. В свете проблематики данной предметной области наиболее актуальной является задача построения моделей коллективного поведения групп объектов (любой природы). В данном направлении выполняется большое количество исследований, среди которых, например, среда моделирования игры роботов «Виртуальный футбол», разработанная в ИПМ им. М.В.Келдыша (г. Москва) [1] и модель полёта стаи голубей К. Рейнолдса.

Многие потенциальные области прикладного применения многоагентных систем подразумевают функционирование агентов в динамических внешних средах. Динамической считается та среда, в которой одновременно с деятельностью агентов протекают процессы, не связанные с этой деятельностью, что делает среду неуправляемой (частично неуправляемой) с точки зрения агента. В условиях увеличения числа как теоретических моделей, так и прикладных агентных архитектур, остро встает вопрос оценки качества их функционирования.

Целью данной статьи является анализ, проектирование и разработка компьютерной модели теоретического эксперимента «Tileworld», предназначенного для тестирования агентных архитектур на качество функционирования в динамических средах.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Теоретический эксперимент «Tileworld» (анг. «Мир плитки») был изначально предложен как экспериментальная среда для развивающихся агентных архитектур. Он представляет собой двухмерную сеть (среду), в которой располагаются агенты, плитки, препятствия и норы. Агент может двигаться вверх, вниз, влево или вправо и, находясь рядом с плиткой, он может толкать её. Препятствия – это группа недвижимых ячеек сетки: агент не может по ним перемещаться. Агент перекрывает норы плитками. Ему нужно перекрыть максимум нор (за каждого он получает очки).

Несмотря на свою простоту «Мир плитки» позволяет тестировать сразу несколько значимых особенностей агентов, наиболее важными из которых, вероятно, являются способность реагировать на изменения в среде и использовать появляющиеся возможности.

Например [2], если агент двигает плитку к норе (рис. 1,а) и в этот момент нора исчезает (рис. 1,б), то дальнейшее преследование начальной цели теря-

ет смысл. Наилучшим способом поведения агента в этом случае будет распознать ситуацию и, как следствие, «пересмотреть» начальную цель.

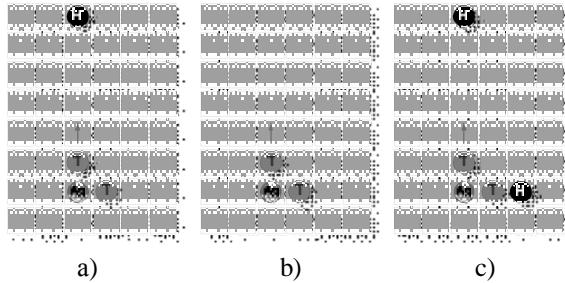


Рисунок 1 – Примеры экспериментальных ситуаций

Использование возможностей хорошо иллюстрируется примером, когда в такой же начальной ситуации (рис. 1,а) нора появляется справа от агента (рис. 1,с). В этом случае агенту лучше будет перекрыть новую нору, чем изначальную, по причине того, что до новой норы нужно сделать один шаг, в то время как до изначальной – пять. Вероятность того, что цель не исчезнет в процессе её достижения, для правой норы в пять раз больше, чем для верхней.

«Мир плитки» позиционируется создателями как динамическая среда [3]: её стартовое состояние генерируется случайным образом. Норы возникают в случайных местах и существуют в течение срока своей службы, если только не исчезают вследствие действий агента.

Производительность агента в данном эксперименте измеряется путём его запуска на предопределённое число шагов и измерения количества успешно перекрытых нор. Производительность агента для одного частного запуска определяется по следующей формуле:

$$U(r) = \frac{n(r)}{N(r)}. \quad (1)$$

В формуле (1):

- r – номер запуска эксперимента;
- n – число перекрытых агентом нор;
- N – общее число нор, появившихся за время работы эксперимента.

Данный показатель содержит нормальную оценку в диапазоне от 0 (агент не перекрыл ни одной норы) до 1 (агент перекрыл все появившиеся норы). Вероятные ошибки эксперимента нивелируются посредством многократного запуска эксперимента и вычисления среднего значения производительности, что можно выразить следующей формулой:

$$U = \frac{\sum_{r=1}^R \frac{n(r)}{N(r)}}{R}, \quad (2)$$

где R – количество запусков эксперимента.

В случае тестирования многоагентной системы, а не единичного агента, результаты оценки произ-

водительности выдаются как по каждому агенту в отдельности, так и по всей системе в целом, как показано в формуле:

$$U_a, a = 1, A; \\ U = \frac{\sum_{r=1}^R \frac{\sum_{a=1}^A n_a(r)}{N(r)}}{R}. \quad (3)$$

В формуле (3):

- A – общее число агентов системы;
- U_a – индивидуальный показатель производительности агента a , рассчитанный по формуле (2);
- n_a – число нор, перекрытых агентом a в течении эксперимента r .

Комплексная оценка как самого эксперимента и его модификаций, так и примеров его практического применения показала следующее [4]:

- результаты, полученные при его использовании для определённой агентной архитектуры, могут оказаться неверными, в случае применения той же архитектуры в реальной рабочей среде;
- как следствие, сам эксперимент в изначальном виде имеет чисто методическое значение;
- указанная проблема может быть решена путём его модификации таким образом, чтобы полученные результаты могли быть применены в реальных средах.

Суть проблемы заключается в том, что «мир плитки» является полностью динамической средой, а реальные динамические среды слишком сложны и непредсказуемы. Как следствие, по мнению авторов работы, указанная модификация должна носить характер упрощения операционной среды агентов с целью сужения круга возможных непредвиденных проблем реальной операционной среды, которые «мир плитки» не учитывает. Разумеется, такой подход приведёт к уменьшению круга реальных задач, к которым могут быть применены результаты тестирования, однако этот факт будет компенсироваться высокой надёжностью этих результатов.

С целью такого упрощения был рассмотрен теоретический способ периодических обновлений мира в процессе работы эксперимента. Автором работы было предложено определять интервалы случайного изменения позиций объектов не временным показателем, а некоторым числом шагов эксперимента, и проводить опрос агентов на предмет дальнейших действий уже после изменения. Таким образом, исключается ситуация, когда операционная среда агента изменяется в процессе принятия им решения, что, в свою очередь, приводит к изменению характеристик среды эксперимента. Она становится статической, но при этом остаётся стохастической (т.е. такой, последующее состояние которой не полностью определяется текущим состоянием и выполненными агентом действиями [5]), вследствие чего, по-прежнему, представляет ценность в качестве тестовой платформы для

агентних архітектур, направленних на функціонування в динаміческих средах. С уваженням указаної модифікації була розроблена комп'ютерна модель експеримента «Tileworld».

С цією формалізації комп'ютерної моделі з точки зору самого експеримента, було складено

описання PEAS проблемної среды (см. [5]), кото-рое приведено в табл. 1.

С применением методологии объектно-ориентированного проектирования была разработана архитектура предложенной системы. На рис. 2 показана соответствующая диаграмма классов.

Таблица 1 – Описание PEAS

Тип агента	Показатели производительности	Среда	Исполнительные механизмы	Датчики
Программная сущность	Перекрыть максимальное число появившихся нор	Двухмерное поле с объектами разных типов	Движение вверх, движение вниз, движение влево, движение вправо	Метод получения полной информации о текущей структуре среды

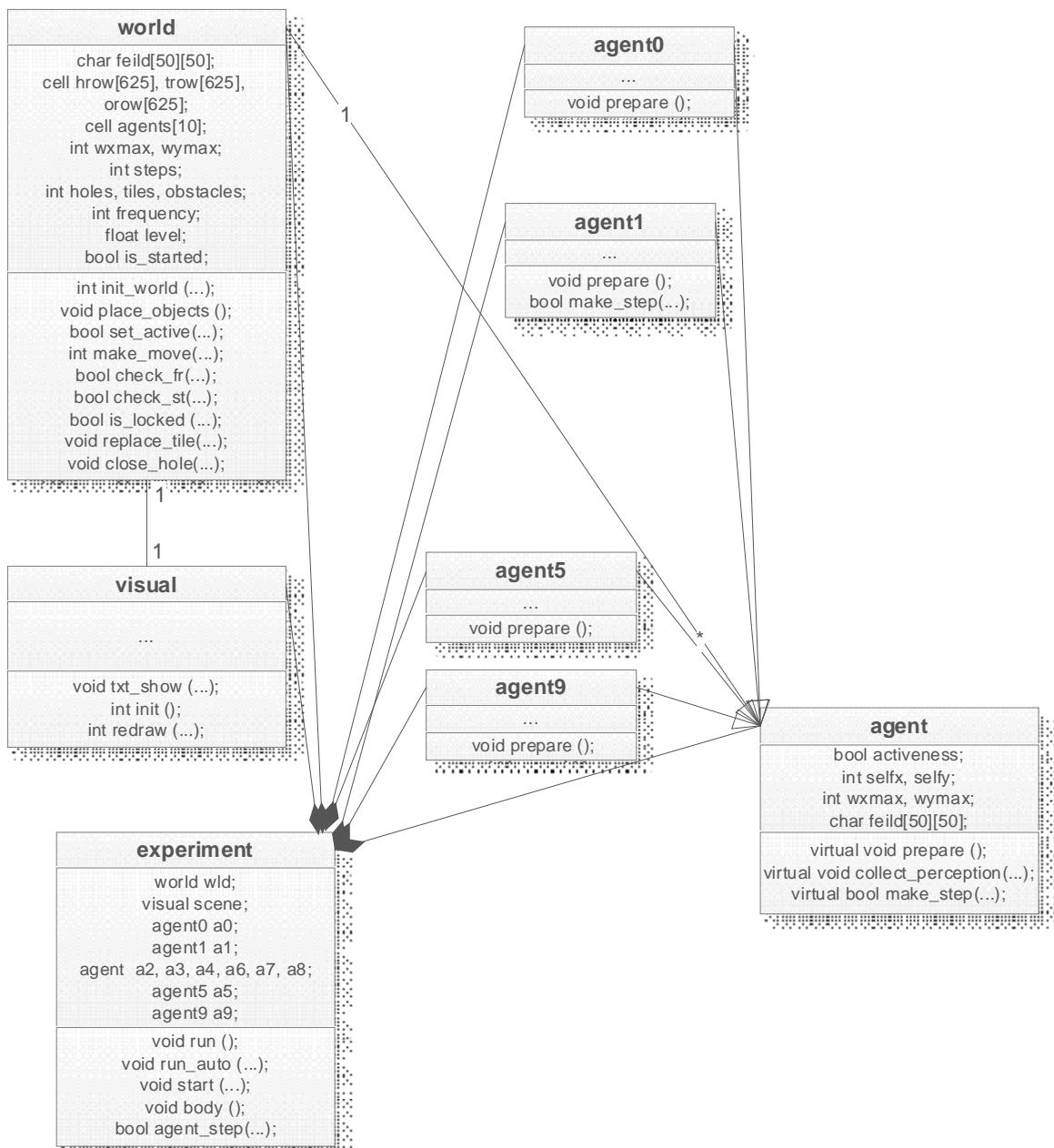


Рисунок 2 – Диаграмма класов розробленого приложения

В процесі розробки на базі спроектованої архітектури комп’ютерного застосування були розрешені деякі задачі, розв’язання яких не передбачалося теоретичним описом експерименту. Рассмотримо їх більш детально.

Проблема коректності исходних даних. Пользователь системи має можливість самостійно вводити початкові дані експерименту (з клавіатури або через файл), внаслідок чого виникає проблема перевірки исходних даних на коректність. В більшості випадків данна проблема розв’язується введеннем в розроблювану програму набору перевірок по обмеженням (наприклад, «розмір тестового поля по вертикалі може бути виключно в діапазоні [1]»). Після вводу даних запускаються перевірки. В випадку, коли результатом перевірки є логічна «ложь», робота експерименту преривається. Однак в силу специфіки моделі, во входних даних може бути також допущена логічна помилка.

Поскольку пользователь системи може задати як кількість нор, так і кількість плиток для їх перекриття, то помимо найбільш логічної ситуації, коли ці значення співпадають, може виникнути одна з наступних ситуацій:

- кількість плиток превищує кількість нор; в цьому випадку ефективність агентів становиться вищою ніж за счіт якості їх алгоритмів, а за счіт того, що на одну нору приходиться більше однієї плитки;
- кількість нор превищує кількість плиток; поскільку в результаті перекриття плитка видається разом з норою, яку вона перекрила, то в цьому випадку частина нор, які з'явилися на полі, відсутні і неможливо буде перекрити (чого заведомо лишає агентів можливості досягти найбільшої ефективності).

Поскольку факт розрізняння між іскомими значеннями сам по собі не може виступати причиною зупинки роботи системи, то для контролю даної ситуації в експерименті був введений так називаний коефіцієнт невиконаності, який розраховується за формулою:

$$k = \frac{(h-t)}{h} * 100, \quad (4)$$

де h і t – кількість нор і плиток відповідно.

Возможні результати оцінки коефіцієнта представлені нижче.

1. Якщо $k < 0$, то світ перегружений плитками на $mod(k)$ відсотків.
2. Якщо $k > 0$, то світ недоведений на $mod(k)$ відсотків.
3. Якщо $k = 0$, то світ балансований.

Проблема замкнутості об’єктів на полі. Суть даної проблеми полягає в тому, що в процесі ініціалізації системи об’єкти розміщуються на полі автоматично з урахуванням елемента випадковості, що може привести до ситуації, коли подвижний об’єкт буде поміщений в позицію, в якій його заведомо неможливо розмістити. Така

випадок, виникає завдання слідкування подібних ситуацій, якія актуальна при розміщуванні об’єктів типу «плітка» або об’єктів типу «агент». В якості розв’язання даної проблеми був запропонований алгоритм, який під час кожного спробування розміщення одного з вказаніх об’єктів в певну позицію, перевіряє дану позицію на замкнутість. Позиція вважається замкненою випадку, якщо виконується хоча б одне з умов, наведених нижче.

1. Сповідуюча позиція ячейка є кутовою.

2. Сповідуюча позиція ячейка знаходиться у стіні і, при цьому, хоча б один з трьох шляхів потенційного переміщення агента є недоступним.

3. Сповідуюча позиція ячейка не прилягає до стін і, при цьому, свободно менше двох шляхів потенційного переміщення агента.

Під свободністю шляху підразумівається можливість переміщення в ячейку, яка знаходиться сразу після іскомої в заданому напрямку.

Отмітимо, що проблема замкнутості об’єкта поля заслуговує окремого розгляду по слідуючим напрямкам:

- глибина оцінювання замкнутості; в описуваній роботі оцінюються тільки ячейки, непосредственно прилягаючі до іншої, однак такий підхід не дозволяє повноту нивелирувати вероятність ситуації її замкнутості; для цього необхідно оцінювати декілька прилягаючих ячейок; актуальним завданням є визначення їх оптимального кількості;

- умістність оцінки замкнутості об’єктів на різних етапах роботи алгоритму експерименту; на даний момент така оцінка присутствує тільки на етапі ініціалізації системи, чого явно недостаточно;

- розробка та тестування адекватних та оптимальних сценаріїв реакції системи на виявлення замкнутості (від простого протоколування до повної зупинки експерименту).

Проблема кількості об’єктів на полі. Суть даної проблеми логічною причиною є те, що випадковість. Заключається в тому, що поскільку процес розміщення об’єктів на полі є автоматичним, а кількість цих об’єктів задається користувачем, то в результаті може виникнути ситуація, коли кількість об’єктів, які були вказані, перевищує кількість вільних позицій на полі. В такому випадку може виникнути один з наступних подій:

- для розміщення нового об’єкта не буде вільних позицій;

- для розміщення нового об’єкта не буде вільних позицій, які відповідають умові перевірки на замкнутість.

В будь-якому з цих випадків алгоритм буде зупинятися в результаті виконання бесконечного циклу та перестане правильнно функціонувати.

Для того щоби підібрати подібну ситуацію, були експериментально вибрані обмеження на кількість розміщуваних на експериментальному полі об’єктів, при зупиненні яких

разу не наблюдались описанные выше состояния. Это ограничение составляет не более $\frac{1}{4}$ от общего количества ячеек экспериментального поля для каждого отдельного вида размещаемых объектов.

На базе созданной модели, с учётом всех рассмотренных проблем, был разработан программный продукт, реализующий предложенную модификацию эксперимента. Экранная форма рабочего приложения изображена на рис. 3.

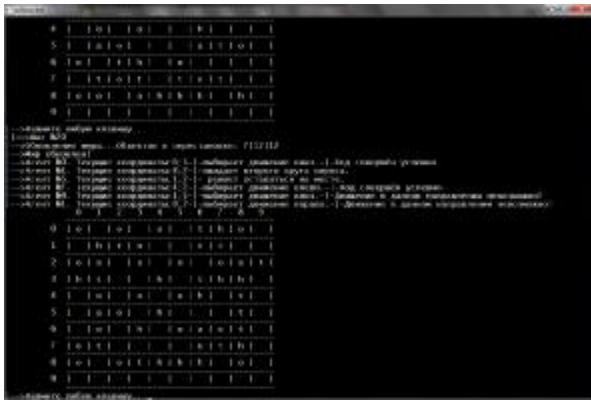


Рисунок 3 – Экранная форма приложения

Наличие данной модели позволяет не только производить тестирование агентных архитектур (как одиночное, так и сравнительное), но и проводить анализ различных методологий распределённого управления агентами в плане сопоставимости с программно-архитектурными возможностями современных платформ.

ВЫВОДЫ. На основе анализа теоретического эксперимента для тестирования агентных систем была предложена его качественная модификация, позволяющая использовать данный эксперимент в исследовательской практике. С учётом указанной модификации и других предложенных изменений была спроектирована, реализована и протестирована компьютерная модель. Полученные результаты будут использованы:

- в дальнейших исследованиях, направленных на разработку моделей и методов распределённого управления многоагентными системами;
- в дальнейших исследованиях, посвящённых проектированию и разработке тестовых платформ для агентных архитектур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Концепция моделирования игры виртуального футбола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://keldysh.ru/pages/robosoccer/concept.htm>.
2. Wooldridge M. An Introduction To Multiagent Systems / M. Wooldridge. – Liverpool: Wiley & Sons, 2002. – 342 p.
3. Pollack M.E. Introducing the Tileworld: experimentally evaluating agent architectures / M.E. Pollack, M. Ringuette // In Proceedings of the 8th National Conference on Artificial Intelligence. – Boston, MA, 1990. – P. 183–189.
4. Lees M. A history of the Tileworld agent testbed, Computer Science Technical Report No. NOTTCS-WP-2002-1, 2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.137.4951&rep=rep1&type=pdf>
5. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

REFERENCES

1. The Virtual Football game modeling concept [Electronic resource]. – Access mode: <http://keldysh.ru/pages/robosoccer/concept.htm>. [in Russian].
2. Wooldridge M. An Introduction To Multiagent Systems / M. Wooldridge. – Liverpool : Wiley & Sons, 2002. – 342 p.
3. Pollack M.E. Introducing the Tileworld: experimentally evaluating agent architectures / M.E. Pollack, M. Ringuette // In Proceedings of the 8th National Conference on Artificial Intelligence – Boston, MA, 1990. – P. 183–189.
4. Lees M. A history of the Tileworld agent testbed, Computer Science Technical Report No. NOTTCS-WP-2002-1, 2002 [Electronic resource]. – Access mode: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.137.4951&rep=rep1&type=pdf>
5. Russel S. Artificial Intelligence A Modern Approach // S. Russel, P. Norvig. – M.: The publishing house «Williams», 2006. – 1408 p. [in Russian].

Стаття надійшла 12.07.2011.

Рекомендована до друку
к.ф.-м.н., доц. Ляшенком В.П.