

ПРО МЕТОД НАЙБЛИЖЧОЇ ТОЧКИ ЯК МЕТОД УПРАВЛІННЯ СТРАТЕГІЯМИ ПЕРЕСЛІДУВАННЯ/УТІКАННЯ АГЕНТІВ

Розглядається проблема управління стратегіями переслідування/утікання агентів на площині. Аналізується існуючий підхід з управління стратегіями переслідування/утікання, запропонований Р. Айзексом, та обґрунтовується недоцільність його використання для випадку управління агентами. Пропонується метод найближчої точки та обґрунтовуються переваги його використання для управління стратегіями переслідування/утікання для довільної кількості агентів.

Вступ

В роботі [1] ми запропонували метод формування стратегії поведінки агента-переслідувача та, моделюючи процес переслідування/утікання агентів засобами системи «Навігація» (версія 1.0), розглянули випадок «один утікач – один переслідувач», у рамках якого керування агентом-утікачем здійснював користувач, а агент-переслідувач автоматично реагував на дії агента-утікача, приймаючи оптимальні рішення на основі використання розробленого нами метода переслідування на площині. Тобто якщо агент-переслідувач в ході процесу моделювання діяв оптимально, то агент-утікач – ні.

Водночас у [1] ми обґрунтували доцільні стратегії поведінки агента-утікача та його агентів-переслідувачів, засновані на розробленому нами методі переслідування. Але при цьому залишився неформалізованим процес управління використанням цих стратегій в рамках рішення загальної задачі переслідування/утікання. Мета даної роботи – викладення *метода найближчої точки*, який узагальнює процеси використання таких стратегій поведінки агентів для випадку n переслідувачів та m утікачів, де $n \geq m$.

1. Аналіз стратегії переслідування/утікання для випадку «один утікач – два переслідувачі»

Дослідимо відому стратегію переслідування/утікання для випадку «один утікач – два переслідувачі», розглянуту

Р. Айзексом в [2, с. 189] (для зручності викладення далі цю стратегію будемо називати стратегією Р. Айзекса). Як буде показано далі, розгляд даної стратегії важливий тому, що в загальному випадку максимум два переслідувачі (з довільної їх кількості) впливають на характер поведінки досліджуваного утікача. Мета дослідження – оцінка доцільності використання стратегії Р. Айзекса для управління стратегіями поведінки агентів.

Сутність стратегії Р. Айзекса полягає в знаходженні найбільш віддаленої точки від утікача в області, утвореної в результаті перетину двох кіл Аполлонія, побудованих для кожної з пар утікач-переслідувач, та виконанню простого руху (за умови, що швидкості переслідувачів більше швидкості утікача) до цієї точки як утікачем, так і його переслідувачами (або, як буде показано далі, одним з його переслідувачів). При цьому, стратегії поведінки утікача та його переслідувачів будуть оптимальними.

Моделювання стратегії Р. Айзекса засобами системи «Навігація», версія 1.5. З метою дослідження стратегії Р. Айзекса нами розроблений прототип системи «Навігація». В ході досліджень виявлено, що можуть виникати 3 різні випадки:

1) коли два кола Аполлонія перетинаються і переслідувачі розташовані по різні боки щодо лінії, що проходить через точку розміщення утікача та найбільш віддалену точку перетину кіл Аполлонія;

2) коли два кола Аполлонія перетинаються і переслідувачі розташовані по

один бік щодо лінії, що проходить через точку розміщення утікача та найбільш віддалену точку перетину кіл Аполлонія;

3) коли два кола Аполлонія не перетинаються (одне коло знаходиться в межах іншого).

Перший випадок відповідає ситуації, розглянутій Р. Айзексом в [2] (рис. 1). У даному випадку утікач E та переслідувачі P_1 і P_2 , у відповідності до стратегії Р. Айзекса, мають рухатись до точки 1 (точки перетину кіл Аполлонія як найбільш віддаленої точки області перетину). За умови, що E , P_1 та P_2 перебуватимуть при цьому у стані простого руху, вони одночасно досягнуть точки 1.

Другий випадок відповідає ситуації (рис. 2), коли утікача E буде захоплено тільки одним переслідувачем (P_1) в точці 1, а інший переслідувач (P_2) буде рухатись у напрямку точки 2. Цей випадок має місце тоді, коли точки дислокації переслідувачів P_1 та P_2 (рис. 2) розташовані з одного боку щодо січної MN , яку проведено через точку дислокації E та найбільш віддалену (щодо E) точку перетину кіл Аполлонія.

Третій випадок також відповідає

ситуації (рис. 3), коли утікача E буде захоплено тільки одним переслідувачем (P_1) в точці 1, а інший переслідувач (P_2) буде рухатись у напрямку точки 2.

Окремо відзначимо, що у другому і третьому випадках точка 1 відповідає найбільш віддаленій від E точці області перетину кіл Аполлонія. Виходячи з цього (див. рис. 2 та рис. 3), в даних випадках оптимальна стратегія утікача E полягає у тому, що він має рухатись за напрямом, що задається променем, направленим від переслідувача P_1 до утікача E , що повністю збігається з нашими висновками в [1] щодо доцільної стратегії поведінки агента-утікача. В свою чергу, переслідувачі P_1 та P_2 у всіх випадках рухаються у відповідності до стратегії паралельного зближення (або, інакше кажучи, стратегії, що відповідає методу переслідування, викладеному в [1]).

Недоліки стратегії Р. Айзекса.

Виходячи з проведених досліджень можна назвати такі основні недоліки:

1) напрям руху утікача *обчислюється* в результаті виконання розрахунків у відповідності до метода, запропонованого Р. Айзексом, і не змінюється в процесі

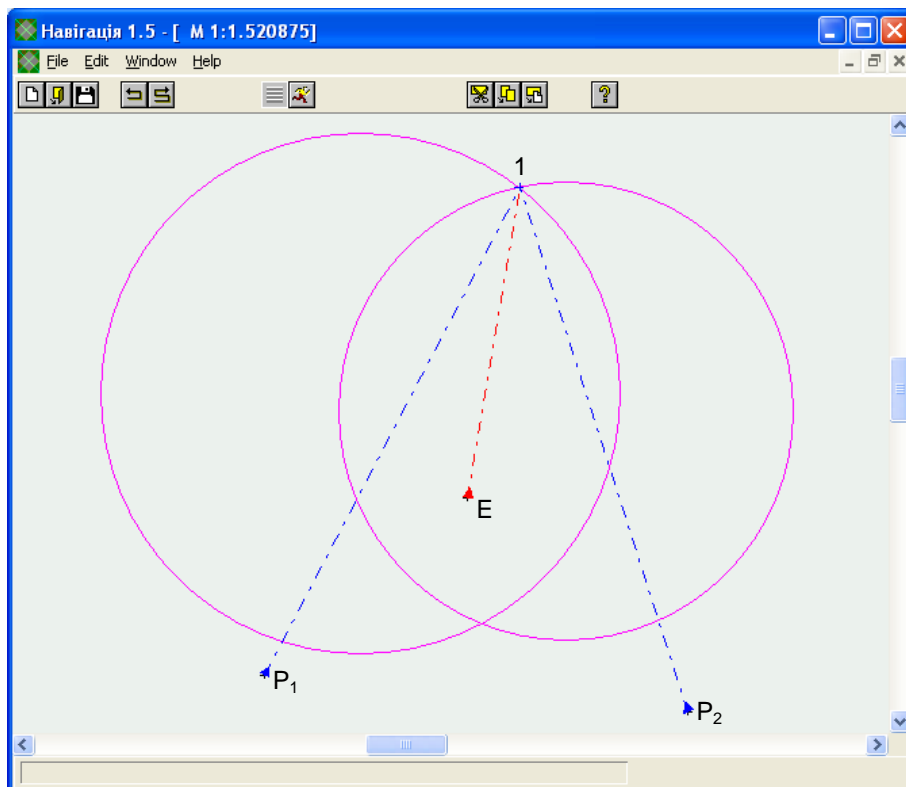


Рис. 1. Приклад стратегій переслідування/утікання для випадку 1

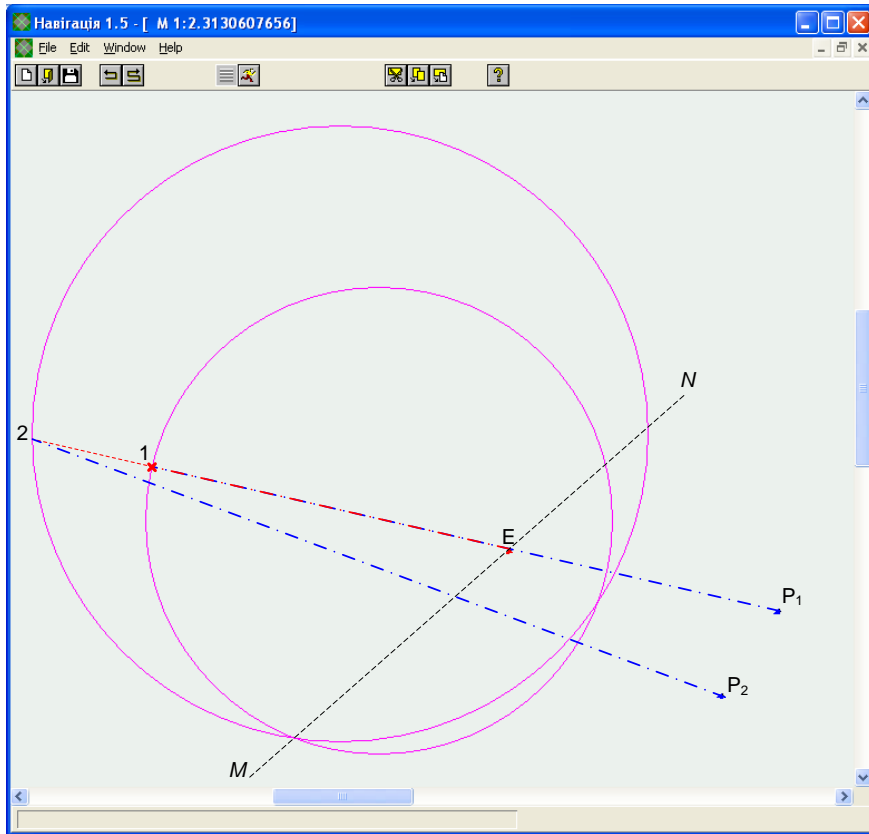


Рис. 2. Приклад стратегій переслідування/утікання для випадку 2

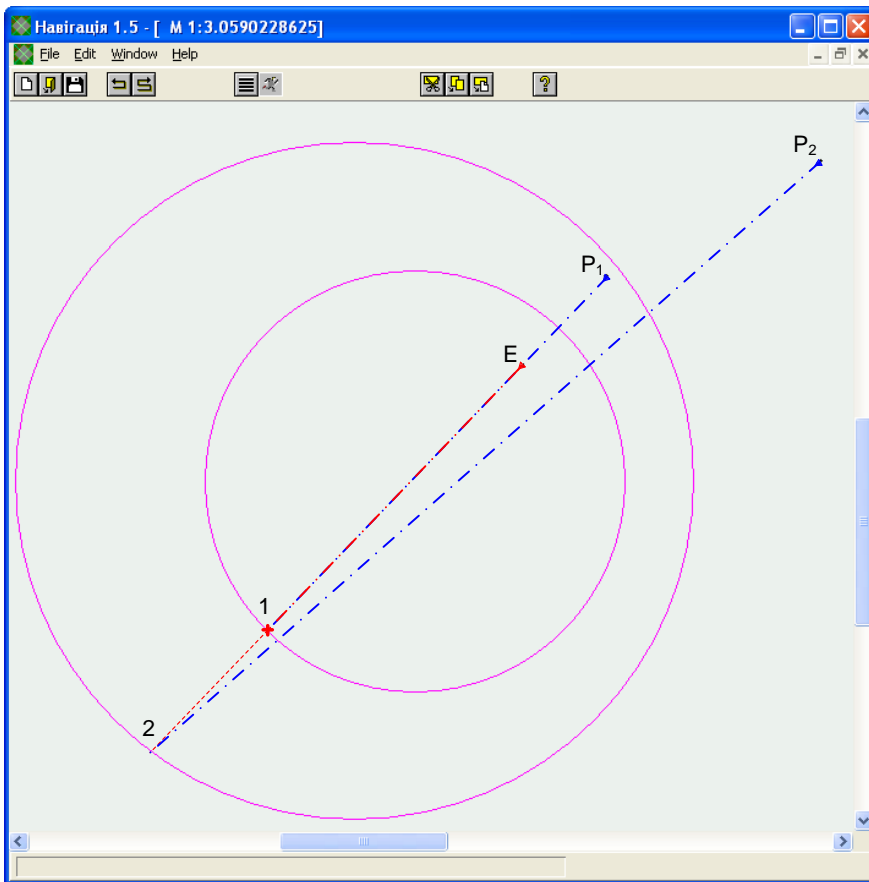


Рис. 3. Приклад стратегій переслідування/утікання для випадку 3

переслідування. В дійсності ж, напрям руху утікача *здається явно* на початку процесу переслідування, як вхідний параметр задачі переслідування, і в будь-який наступний момент часу формується ситуаційно в залежності від дій його переслідувачів (ясно, що при цьому утікач має намагатися сформулювати оптимальну стратегію утікання).

2) стратегія Р. Айзекса передбачає тільки *простий рух* утікача/переслідувачів. У дійсності на характер руху як утікача, так і переслідувачів можуть впливати різні перешкоди (як рухомі, так і нерухомі), які вимагають необхідності виконання відповідних маневрів. До того ж, швидкість руху як утікача, так і переслідувачів може змінюватись у процесі переслідування. Як наслідок, очевидно, що в загальному випадку характер руху утікача/переслідувачів *не є простим*.

Очевидно, що метод, який доцільно покласти в основу управління стратегіями переслідування/утікання, не повинен мати таких недоліків.

2. Метод найближчої точки

Метод найближчої точки призначений для формування оптимального напрямку руху утікача в залежності від поточних напрямів руху його переслідувачів. Як ми показали в п. 1 статті, можливі два стани (які ми будемо називати *рівноважними станами*) щодо оптимального напрямку руху утікача:

Стан 1. Коли утікач і два його найближчі переслідувачі рухаються до точки перетину двох кіл Аполлонія як найбільш віддаленої точки області перетину цих кіл (див. випадок 1 в п. 1 статті).

Стан 2. Коли утікач рухається за напрямом, що задається променем, направленим від найближчого переслідувача до цього утікача (див. випадки 2, 3 в п. 1 статті).

Тут під *найближчим переслідувачем* розуміється переслідувач, який на даний момент часу може скоріше за всіх інших переслідувачів наздогнати утікача (тобто точка Аполлонія, яка побудована від цього переслідувача, буде *найближчою* до утікача). Далі ми будемо посилалися на названі

стани.

Сутність *методу найближчої точки* полягає у тому, що утікач у процесі переслідування в кожний момент часу визначає найближчу до нього точку Аполлонія (з точок, побудованих від переслідувачів, що потрапили в його зону спостереження [3]) та, якщо він не перебуває у рівноважному стані, то поступово змінює кут свого руху з метою досягнення рівноважного стану, або якщо він перебуває у рівноважному стані, а положення цієї точки Аполлонія виводить його з цього стану, то поступово змінює кут свого руху з метою досягнення нового рівноважного стану. Зазначимо також, що точка Аполлонія та доцільний напрям руху переслідувачів, використовувані у методі найближчої точки, визначаються за допомогою розробленого нами метода переслідування [1]. Відмінною ознакою пропонованого метода найближчої точки є те, що він, на відміну від стратегії Р. Айзекса, взагалі не передбачає необхідності побудови кіл Аполлонія.

Особливості застосування методу найближчої точки розглянемо на прикладі (рис. 4). Нехай задано зону спостереження утікача як квадрат 1000×1000 точок, а значення зміни кута руху для утікача (коли він перебуває в нерівноважному стані) складає 2° за кожні 0.2 сек. його руху. Зазначимо, що в прототипі системи «Навігація», версія 2.0 [4], де цей метод реалізовано, ці параметри є налаштовуваними. Нехай на початок процесу переслідування/утікання агенти розташовані на місцях, показаних на рис. 4, і утікач Е рухається під кутом 147° з постійною швидкістю 5 вузлів, а переслідувачі P_1 та P_2 рухаються з постійними швидкостями відповідно 7 та 8 вузлів.

На початку процесу переслідування в межах зони спостереження агента-утікача Е знаходиться тільки агент-переслідувач P_1 , точка Аполлонія, побудована від якого, є точкою 1 (точку 2 як точку Аполлонія, побудовану від переслідувача P_2 , на рис. 4 показано довідково). У відповідності до метода найближчої точки, з метою переходу до рівноважного стану (стану 2 – див. вище) агент-утікач Е поступово змінює напрям свого руху, ухиляючись від

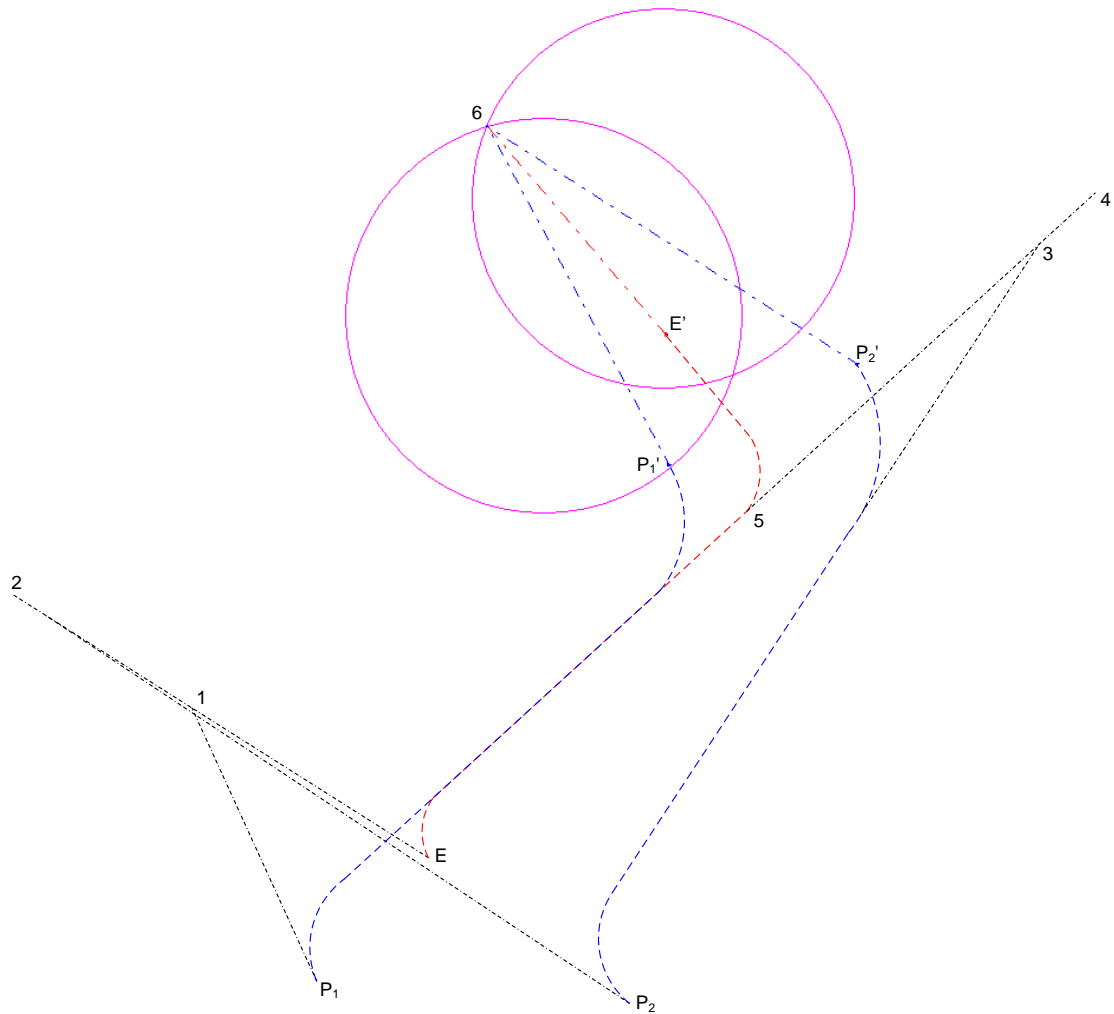


Рис. 4. Приклад застосування метода найближчої точки

агента-переслідувача P_1 як свого найближчого переслідувача. Агенти-переслідувачі, реагуючи на зміни напрямку руху агента-утікача, в кожний момент часу перевизначають доцільний кут свого руху і також розвертаються. При цьому точка 1 поступово зміщується до положення точки 4, а точка 2 – до положення точки 3. В результаті агент-утікач переходить до рівноважного стану (стану 2), агент-переслідувач P_1 рухається безпосередньо за агентом-утікачем E у напрямку точки 4, а агент-переслідувач P_2 рухається у напрямку точки 3, але він залишається за межами зони спостереження агента-утікача E . Такий рух триває, поки агент-утікач не опиниться в точці 5, що відповідає ситуації, коли агент-переслідувач P_2 потрапив в межі зони спостереження агента-утікача E . При цьому найближчою точкою Аполлонія для агента-утікача E стає точка 3, і він починає змінювати напрям руху з метою переходу

до нового рівноважного стану, ухиляючись від агента-переслідувача P_2 як свого найближчого переслідувача. В свою чергу, агенти-переслідувачі реагують на зміну напрямку руху агента-утікача, в кожний момент часу перевизначають доцільний кут свого руху і також розвертаються. При цьому точки 3 та 4 поступово зміщуються до положення точки 6, і процес зміни напрямку руху триватиме до тих пір, поки агент-утікач E не досягне рівноважного стану (стану 1), при якому і агент-утікач (що опиниться в точці E'), і його агенти-переслідувачі (що опиняться відповідно у точках P_1' та P_2' – див. рис. 4) будуть рухатися у напрямку точки 6 як найбільш віддаленої точки області перетину двох кіл Аполлонія. Зазначимо, що кола Аполлонія на рис. 4 показані умовно, з метою підтвердження збігання результатів роботи методу найближчої точки з результатами відпрацювання стратегії Р. Айзекса.

Легко помітити, що даний метод справедливий для довільної кількості переслідувачів. Дійсно, в будь-який момент часу переслідування кожний агент-утікач може опинитися в одному з двох станів (або у рівноважному, або у нерівноважному). Якщо утікач перебуває у нерівноважному стані, то на його поведінку в кожний момент часу впливає один і тільки один найближчий агент-переслідувач, що знаходиться в межах зони спостереження утікача. Якщо ж агент-утікач перебуває в рівноважному стані, то в кожний момент часу на його поведінку можуть впливати максимум два агенти-переслідувачі, відносно яких рівноважний стан сформовано. Останнє положення потребує додаткового обґрунтування. Як ми показали вище, існує два види рівноважного стану. В стані 2, незалежно від загальної кількості переслідувачів, на поведінку агента-утікача впливає один і тільки один найближчий переслідувач, що знаходиться в межах його зони спостереження. В стані 1 в загальному випадку на поведінку утікача можуть впливати стільки агентів-переслідувачів, скільки з них утворили ту ж саму загальну точку Аполлонія, яка утворена двома його найближчими агентами-переслідувачами відповідно до умов виникнення стану 1. Тобто агент-утікач в даному випадку обов'язково буде рухатись у напрямку цієї точки Аполлонія, що відповідає сутності стану 1, незалежно від того, скільки агентів-переслідувачів утворили таку точку. Інакше кажучи, випадок, коли довільна кількість агентів-переслідувачів утворила загальну точку Аполлонія, зводиться до випадку, який відповідає стану 1.

Висновки

З вищевикладеного випливають переваги запропонованого метода:

1) метод дозволяє адаптивно до поточних змін формувати оптимальну стратегію поведінки агента-утікача;

2) метод дозволяє адаптивно до поточних змін підтримувати оптимальні стратегії поведінки агентів-переслідувачів;

3) метод дозволяє моделювати процес переслідування/утікання в реальному масштабі часу, враховуючи при цьому

особливості поведінки різних за властивостями агентів.

Очевидно, що метод найближчої точки не має недоліків, наведених в п. 1 статті (в тому числі він справедливий у випадку, коли рух агентів не є простим).

В цілому можна стверджувати, що метод найближчої точки дозволяє моделювати поведінку агентів в мультиагентному стилі і є прийнятним методом управління стратегіями переслідування/утікання довільної кількості агентів.

1. Яловець А.Л. Про один метод переслідування на площині // Проблеми програмування. – 2013. – № 3. – С. 117–124.
2. Айзекс Р. Дифференциальные игры. – М.: Мир, 1967. – 479 с.
3. Яловець А.Л. До постановки задачі переслідування на площині // Проблеми програмування. – 2013. – № 2 – С. 95–100.
4. Яловець А.Л., Кондращенко В.Я., Арістов В.В. Свідоцтво № 46897 про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма – «Мультиагентна система «Навігація», версія 2.0»». – Державна служба інтелектуальної власності України, 2012.

Одержано 20.03.2013

Про автора:

Яловець Андрій Леонідович,
доктор технічних наук,
заступник директора інституту.

Місце роботи автора:

Інститут програмних систем НАН
України.
03187, Київ-187,
проспект Академіка Глушкова, 40.

Тел.: (044) 526 15 38.

E-mail: yal@isofts.kiev.ua