



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G06Q 10/06 (2016.08); G06Q 50/28 (2016.08)

(21)(22) Заявка: 2015134854, 05.02.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.02.2014

Дата регистрации:
31.07.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
08.02.2013 FR 13/00285

(43) Дата публикации заявки: 16.03.2017 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 31.07.2018 Бюл. № 22

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 08.09.2015

(86) Заявка РСТ:
FR 2014/000030 (05.02.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/122373 (14.08.2014)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

ЛЕБУШЕ Седрик (FR),
ЛЕ МЕНЕК Стефан (FR),
ШИН С. Хиосанг (GB),
КОТЕНКОФФ Александр (FR)

(73) Патентообладатель(и):
МБДА ФРАНС (FR)

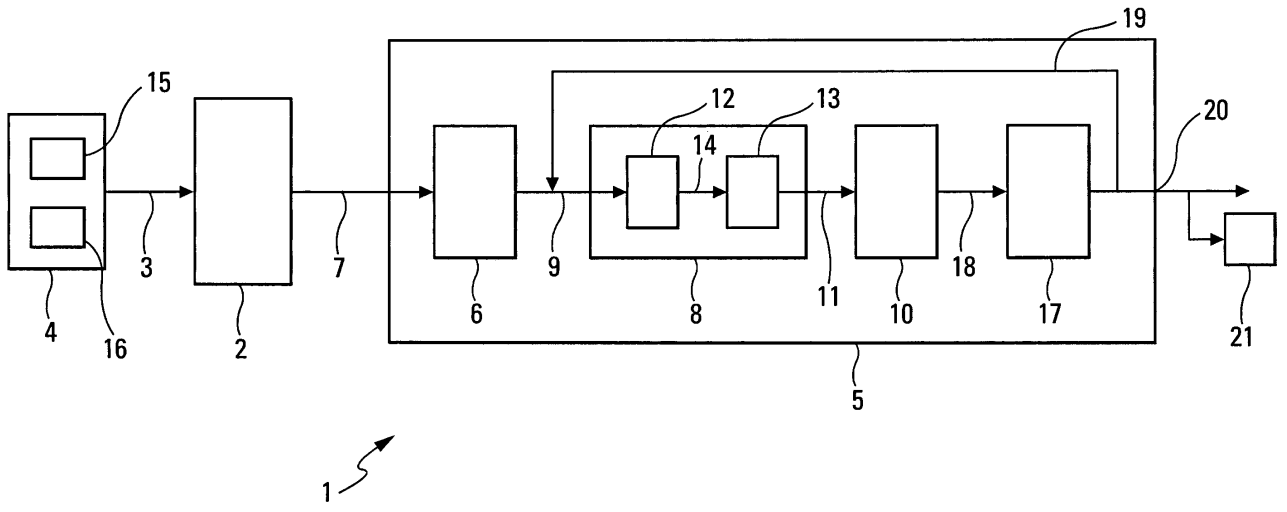
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2216043 C2, 10.11.2003. RU
80604 U1, 10.02.2009. RU 2204843 C2,
20.05.2003. RU 2294561 C2, 10.05.2008. US
2009/0112645 A1, 30.04.2009. WO 02/23370 A2,
21.03.2002.

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО МНОГОЦЕЛЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству и к способу многоцелевой оптимизации. Технический результат – снижение времени вычислений. Система оптимизации содержит средство (4) для ввода данных, средство (2) для определения критерия для каждой из рассматриваемых целей с использованием введенных данных, элемент (6) для оптимизации каждого из критериев индивидуально, чтобы получать оптимального субъекта для каждого из упомянутых критериев, при этом оптимальный субъект включает в себя по меньшей мере одно оптимальное значение, практически осуществимое для этого критерия,

элемент (8) для определения, посредством эволюционного игрового алгоритма, коэффициентов выживания упомянутых оптимальных субъектов, и элемент (10) для определения оптимального решения путем видоизменения оптимальных субъектов, посредством коэффициентов выживания и применения оператора видоизменения, при этом оптимальное решение включает в себя по меньшей мере одно окончательное оптимальное значение, обеспечивающее возможность достижения всех рассматриваемых целей, подлежащих оптимизации. 5 н. и 6 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ.1

RU 2662920 C2

RU 2662920 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G06Q 10/06 (2012.01)
G06Q 50/28 (2012.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G06Q 10/06 (2016.08); G06Q 50/28 (2016.08)

(21)(22) Application: **2015134854, 05.02.2014**

(24) Effective date for property rights:
05.02.2014

Registration date:
31.07.2018

Priority:

(30) Convention priority:
08.02.2013 FR 13/00285

(43) Application published: **16.03.2017 Bull. № 8**

(45) Date of publication: **31.07.2018 Bull. № 22**

(85) Commencement of national phase: **08.09.2015**

(86) PCT application:
FR 2014/000030 (05.02.2014)

(87) PCT publication:
WO 2014/122373 (14.08.2014)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**LEBUSHE Sedrik (FR),
LE MENEK Stefan (FR),
SHIN S. Khiosang (GB),
KOTENKOFF Aleksandr (FR)**

(73) Proprietor(s):

MBDA FRANS (FR)

(54) **MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION METHOD AND DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: computing; counting.

SUBSTANCE: invention relates to a device and a method for multi-objective optimization. Optimization system comprises means (4) for data input, means (2) for determining a criterion for each of the objectives considered using the input data, element (6) to optimize each of the criteria individually to obtain an optimal subject for each of the above criteria, wherein the optimal subject includes at least one optimal value that is practical for this criterion, element (8) for determining, by an evolutionary game algorithm, the

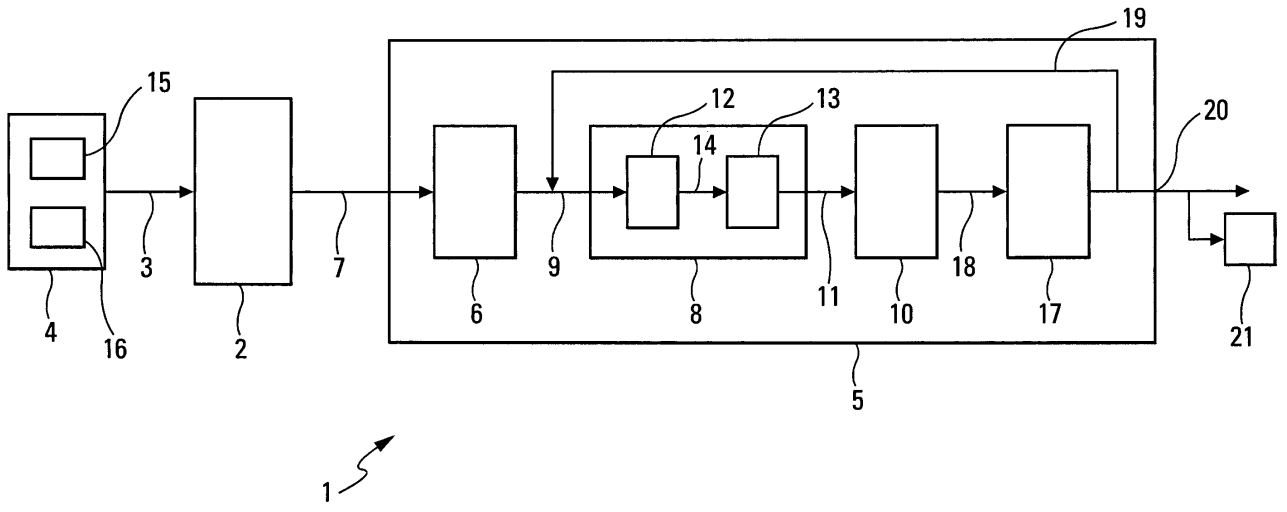
survival coefficients of said optimal subjects, and element (10) for determining an optimal solution by modifying the optimal subjects, by means of the survival coefficients and of application of a modification operator, optimal solution includes at least one final optimal value that ensures the possibility of achieving all the objectives considered to be optimized.

EFFECT: technical result is reduced computation time.

11 cl, 3 dwg

RU 2 662 920 C2

RU 2 662 920 C2



ФИГ.1

RU 2662920 C2

RU 2662920 C2

Настоящее изобретение относится к устройству и к способу многоцелевой оптимизации, а также, в частности, к системе и способу распределения ресурсов, содержащим, соответственно, такой способ и такое устройство.

5 «Многоцелевая оптимизация» (или оптимизация множества целей) подразумевается означающей определение оптимального решения, которое лучше всего оптимизирует множество различных целей одновременно.

Многоцелевая оптимизация существует в различных областях, в частности в отраслях промышленности, в которых должно быть определено такое оптимизированное решение. В общем, эти цели не всегда бывают сопоставимы попарно, например, в области
10 материально-технического обеспечения, когда цель состоит в том, чтобы максимально увеличить количество поставок, сводя к минимуму время доставки и расстояние, проходимое средствами доставки. Аналогичным образом можно упомянуть, посредством иллюстрации, конфигурацию транспортного средства, в котором ходовые характеристики должны быть максимально увеличены при снижении до минимума его
15 веса и расхода топлива.

Хотя оно применимо к множеству областей, настоящее изобретение применяется более конкретно к военной области и, более точно, для систем командования и управления (С2), которые используют вычисление для распределения ресурсов, а именно для модуля оптимизации и координации, который вычисляет в числовом виде наилучшее
20 решение для распределения, например для N источников угрозы, с Р реактивными снарядами и L пусковыми установками (для реактивных снарядов), где N, Р и L являются целыми числами. Каждое из предложенных распределений приводит к появлению новых ограничений для других. Совершенно очевидно, что в такой ситуации существуют
многочисленные ограничения, от эксплуатационных до технических.

В данной заявке целями рассмотрения являются, например, сбалансированное
25 управление запасами, быстрота введения в действие, достижение максимума вероятностей успешного осуществления миссии, минимизация рисков, связанных с перелетом над защищаемой зоной, достижение максимума вероятностей сохранения боеспособности защищаемых точек и т.д. В такой ситуации, количество целей обычно
30 варьируется от трех до десяти. Эти цели содержат столько же различных критериев, которые обычно бывают не сопоставимыми непосредственно по парам. Поэтому потребность в способе оптимизации, который способен обеспечивать компромисс между всеми этими неоднородными аспектами, становится необходимой для принятия
решения в режиме реального времени, учитывая при этом важность каждого критерия.

35 Для достижения многоцелевой оптимизации обычно используется способ, который предусматривает реализацию следующих этапов:

А) определение критерия для каждой из рассматриваемых целей. В рамках настоящего изобретения критерий представляет собой значение или совокупность поддающихся
40 расчету значений, которые обеспечивают возможность достижения цели; затем

В) достижение многокритериальной оптимизации.

Существует реальная трудность, или даже неосуществимость, в нахождении решения, которое удовлетворяет всем критериям оптимальным образом.

Главный недостаток и трудность общепринятых способов относятся к сопоставлению критериев, которые, априори, не всегда бывают сопоставимы.

45 Первый общепринятый метод, имеющий отношение к группированию целей, предусматривает использование линейной или нелинейной суммы различных функций. Такой метод имеет характерную особенность преобразования многоцелевой задачи в одноцелевую задачу, которую часто бывает проще решать.

Однако такая модификация задачи в отношении ее моделирования требует компромиссов. Взвешенная сумма включает в себя определение коэффициентов этого группирования. Основная трудность такого способа состоит в том, что выбор этих коэффициентов должен быть установлен таким образом, чтобы точно отображать эту определенную задачу. Помимо этого, можно отметить, что в большинстве случаев простая модификация этих коэффициентов может привести к совершенно различным результатам. Вследствие этого требуется анализ чувствительности, чтобы подтвердить надежность предложенного решения.

Поэтому в случае трансформации многоцелевой задачи в одноцелевую задачу способом группирования встречаются с трудностью в определении коэффициентов, которые следуют из линеаризации целей, но аналогичным образом относятся и к осуществимости моделирования этой целевой функции и ее применимости, поскольку задача состоит в том, чтобы решить, что одно решение лучше, чем другое. Это аналогичным образом приводит к проблемам чувствительности, которые могут делать решение неустойчивым.

Другой общепринятый метод, известный как метод «Парето», предусматривает сохранение всех целей и обработку их независимым образом в соответствии с очень простым принципом: решение рассматривается как оптимальное, если не существует никакое средство для улучшения этого решения в соответствии с целью без ухудшения других. Один из главных недостатков этого общепринятого способа состоит в том, что он требует вмешательства специалиста, чтобы выбрать решение, наиболее подходящее для разрешения этой проблемы.

В методе Парето, если целей действительно очень много, сопоставление между ними может стать сложным. В случае, когда специалист должен осуществлять выбор из множества решений, если это множество становится слишком большим, при обработке этой задачи возникает реальная трудность.

Следовательно, для многоцелевой оптимизации, рассматриваемой в настоящем изобретении:

- большое количество целей, которые должны быть оптимизированы одновременно, приводит к тому, что моделирование путем группирования целей является очень неустойчивым и сложным. Помимо этого, разнообразные сценарии, которые должны быть обработаны, выполняют оценку решения еще более сложным универсальным образом; и

- хотя метод Парето представляется более подходящим благодаря своему более обобщенному подходу к целям в поиске граничных точек, которые отвечают всем целям оптимальным образом, в этом методе не занимаются двумя основными вопросами. Первый относится к форме решения, которое представляет собой множество, и которое поэтому требует вмешательства специалиста для принятия окончательного решения. Второй представляет собой независимую обработку критериев. В действительности, критерии часто имеют связь между собой, и рассмотрение их, на самом деле не принимая во внимание другие критерии, представляется как ограничение этого метода.

Следовательно, нет никакого устройства или технического средства, которое позволяет достигнуть многоцелевой оптимизации, как упоминалось выше.

Настоящее изобретение относится к устройству для многоцелевой оптимизации, предназначенному для устранения вышеупомянутых недостатков.

С этой целью, в соответствии с изобретением, устройство для многоцелевой оптимизации типа, содержит:

первое средство для определения критерия для каждой из рассматриваемых целей;

И

второе средство для автоматического достижения многокритериальной оптимизации, примечательно тем, что упомянутое второе средство содержит:

- 5 - элемент для оптимизации каждого из упомянутых критериев индивидуально для получения оптимального субъекта для каждого из этих критериев, при этом оптимальный субъект содержит по меньшей мере одно оптимальное и допустимое значение для упомянутого критерия;
- элемент для определения, с использованием эволюционного игрового алгоритма, коэффициентов выживания упомянутых оптимальных субъектов; и
- 10 - элемент для определения оптимального решения посредством видоизменения оптимальных субъектов с использованием упомянутых коэффициентов выживания и с применением оператора видоизменения, причем упомянутое оптимальное решение содержит по меньшей мере одно окончательное оптимальное значение, обеспечивающее возможность достижения всех рассматриваемых целей, подлежащих оптимизации.

15 Таким образом, благодаря изобретению, получено устройство, которое обеспечивает возможность достижения многоцелевой оптимизации.

Таким образом, устройство в соответствии с настоящим изобретением содержит, в соответствии с приведенным ниже определением, техническое средство для генерирования данных, техническое средство для автоматической обработки данных 20 (чтобы определять оптимальное решение) и техническое средство для использования результатов обработки.

Кроме того, предпочтительно

- средство ввода данных содержит средство (например, радиолокационный блок), которое обеспечивает возможность автоматического предоставления данных, и/или 25 средство, обеспечивающее возможность ввода данных для оператора; и/или
- пользовательское средство содержит средство отображения, которое отображает оптимальное решение на экране; и/или
- средство отображения и средство, обеспечивающее возможность ввода данных для оператора, образуют часть человекомашинного интерфейса; и/или
- 30 - устройство также содержит элемент для проверки осуществимости оптимального решения, принятого от третьего элемента, и, в случае неосуществимости, для определения нового оптимального решения, соответствующего осуществимому решению, самому близкому к этому оптимальному решению.

Таким образом, благодаря изобретению, для данной многоцелевой задачи, каждая 35 цель рассматривается индивидуально и отдельно, посредством ее ассоциированного критерия. Далее, оптимальный субъект для каждого рассматриваемого критерия определяется с помощью общепринятого средства оптимизации. Предлагаемые решения должны быть практически осуществимыми (то есть достижимыми).

Далее, просматривается полное пространство решений, которое учитывает все 40 критерии, а также осуществимость решения. Характерная особенность этого этапа заключается в том основном положении, что осуществимость решения становится двоичным критерием, приводящим выживание субъекта к нулю, если предложенное решение невыполнимо. Таким образом, практически невозможные субъекты исчезнут из совокупности (или набора) рассматриваемых решений, оставляя пространство только 45 для одной совокупности, способной существовать в рассматриваемой среде. Это автоматическое исключение практически невозможных субъектов является преимуществом, которое позволяет естественно удалять решения, которые не достижимы, и, следовательно, время вычисления значительно сокращается.

Таким образом, путем проверки на выживание оптимальных субъектов в их среде будет проверено то, как они будут адаптироваться к среде, в которой сосуществуют все оптимальные субъекты (в соответствии с каждым из критериев). Далее, как только совокупность стабилизируется, оператор видоизменения модифицирует субъектов, чтобы создать субъекта (то есть получить оптимальное решение), способного выживать в любой среде устойчивым образом.

Поэтому настоящее изобретение имеет следующие преимущества:

- способность обрабатывать весьма неоднородные цели;
- естественный отбор наиболее существенных критериев при наличии других критериев; и
- возможность сопоставления большого количества критериев.

Помимо этого, устройство в соответствии с изобретением позволяет гарантировать устойчивость окончательного (оптимального) решения. Фактически, принцип эволюционных игр и сходимости результатов к устойчивому решению позволяет гарантировать устойчивость результатов. Это приводит к устойчивости способа в соответствии с изобретением к незначительным изменениям в выборе критериев.

Таким образом, настоящее изобретение относится к устройству для многоцелевой оптимизации, которое позволяет, в частности, устранить проблемы:

- способа группирования, а именно:
- значительные трудности при моделировании, когда задача содержит множество целей; и
- параметризацию, которая сильно зависит от применения, и может быть нестабильной; и
- метода Парето, а именно:
- независимое рассмотрение целей, без их фактического сопоставления; и
- требование вмешательства специалиста для принятия окончательного решения.

Устройство многоцелевой оптимизации в соответствии с изобретением может быть применено в очень многих областях, в частности, в таких как материально-техническое обеспечение (гражданское или военное), организация перевозок (железнодорожных сетей, аэропортов, воздушных перевозок), управление ресурсами в широком смысле (область вычислений, сети, управление транспортом), и аэронавигационная область, как гражданская, так и военная (планирование выполнения задания, управление выполнением задания).

Настоящее изобретение аналогичным образом относится к системе распределения ресурсов, которая может использоваться в различных областях и которая содержит вышеупомянутое устройство. Оно также относится к системе для обработки угроз в военной области, в частности, типа командования и управления (C2), содержащей назначение средств поражения для обработки угроз, причем упомянутая система содержит:

- первый блок для получения информации относительно рассматриваемой ситуации;
- второй блок, содержащий вышеупомянутое устройство, для обработки этой информации, чтобы выводить из нее предположение о взаимодействии, прежде всего посредством определения благоприятных периодов пуска на основании упомянутой информации, затем выводить оттуда предположение о взаимодействии на основании этих благоприятных периодов пуска; и
- третий блок для реализации этапа подтверждения предположения о взаимодействии, причем взаимодействие осуществляется в соответствии с предположением о взаимодействии, подтвержденным с использованием упомянутого третьего блока.

Кроме того, предпочтительно:

- первый блок содержит по меньшей мере один радиолокационный блок, который передает информацию на упомянутое устройство о воздушной обстановке окружающей среды в зоне, которая должна быть защищена с помощью этой системы; и/или

5 - система также содержит человеко-машинный интерфейс, обеспечивающий возможность оператору выполнять подтверждение; и/или

- система также содержит средство отображения, которое отображает предположение о взаимодействии, подтвержденное упомянутым третьим блоком.

10 Изобретение также относится к способу многоцелевой оптимизации. В соответствии с изобретением, упомянутый способ многоцелевой оптимизации, согласно которому автоматически реализуются следующие этапы:

А) генерируются данные и определяется критерий для каждой из рассматриваемых целей; и

В) осуществляется многокритериальная оптимизация, которая затем используется.

15 Примечателен тем, что на этапе В) реализуются следующие последовательные операции:

а) каждый из упомянутых критериев оптимизируется индивидуально (и отдельно) для получения оптимального субъекта для каждого из этих критериев, при этом оптимальный субъект содержит по меньшей мере одно оптимальное и допустимое

20 значение для упомянутого критерия;

б) с использованием эволюционного игрового алгоритма определяются коэффициенты выживания упомянутых оптимальных субъектов; и

25 в) определяется оптимальное решение посредством видоизменения оптимальных субъектов, с использованием упомянутых коэффициентов выживания и с применением оператора видоизменения, причем упомянутое оптимальное решение содержит по меньшей мере одно окончательное оптимальное значение (или компонент), обеспечивающее возможность достижения всех рассматриваемых целей, подлежащих оптимизации.

Предпочтительно, на этапе В/б):

30 б1) для каждого из упомянутых оптимальных субъектов, его характеристики оцениваются в соответствии с каждым из остальных критериев, кроме критерия, относящегося к рассматриваемому оптимальному субъекту, с тем, чтобы иметь возможность получения оценочной матрицы (или матрицы выигрышей), которая содержит соответствующие оценки в баллах различных оптимальных субъектов в

35 соответствии со всеми другими критериями; и

б2) с использованием упомянутой оценочной матрицы и эволюционного игрового алгоритма оценивается выживание оптимальных субъектов в соответствии с каждым из остальных критериев таким образом, чтобы получить упомянутые коэффициенты выживания. Предпочтительно, упомянутые коэффициенты выживания соответствуют

40 равновесным скоростям роста популяции оптимальных субъектов.

Кроме того, предпочтительным образом, на этапе В/с), каждый компонент оптимального решения вычисляется с использованием барицентра соответствующих компонентов оптимальных субъектов, взвешенных по равновесной скорости.

45 Помимо этого, в предпочтительном варианте осуществления, на этапе В/с), выполняется оптимизация методом роя частиц, в соответствии с приведенным ниже определением.

Аналогичным образом, в предпочтительном варианте осуществления, на этапе В/а) выполняется оптимизация методом роя частиц, хотя на этом этапе В/а) аналогичным

образом могут быть реализованы другие общепринятые решения.

Более того, предпочтительно, на этапе В/с), проверяется осуществимость оптимального решения, и, в случае неосуществимости, определяется новое оптимальное решение, соответствующее осуществимому решению, самому близкому к этому оптимальному (неосуществимому) решению.

Настоящее изобретение аналогичным образом относится к способу распределения ресурсов, который может использоваться в различных областях, как указано выше, и который содержит способ оптимизации, как упоминалось выше.

Помимо этого, предпочтительно, оно также относится к способу обработки угроз в военной области, содержащему назначение средств поражения для обработки угроз. Этот способ, в соответствии с которым реализуются следующие последовательные этапы:

α) извлекается информация относительно рассматриваемой ситуации;

β) эта информация обрабатывается, чтобы вывести из нее предположение о взаимодействии, прежде всего посредством определения благоприятных периодов пуска на основании упомянутой информации, затем оттуда выводится предположение о взаимодействии на основании этих благоприятных периодов пуска, при этом упомянутое предположение о взаимодействии определяет назначение средств поражения и моменты открытия огня для обработки угроз; и

γ) обеспечивается этап подтверждения предположения о взаимодействии, причем взаимодействие осуществляется в соответствии с предположением о взаимодействии, подтвержденным на этом этапе γ),

примечательно, в соответствии с изобретением, что на этапе (β) предположение о взаимодействии определяется посредством реализации вышеупомянутого способа многоцелевой оптимизации.

Прилагаемые чертежи обеспечены для лучшего понимания того, как изобретение может быть выполнено. На этих чертежах идентичные ссылочные позиции обозначают одинаковые элементы.

Фиг. 1 представляет собой блок-схему устройства в соответствии с изобретением.

Фиг. 2 представляет собой график, поясняющий характеристики способа, реализуемого посредством устройства в соответствии с изобретением.

Фиг. 3 представляет собой блок-схему системы для обработки угроз, использующей устройство в соответствии с изобретением.

Устройство 1 в соответствии с изобретением и схематически показанное на фиг. 1 предназначено для автоматического создания многоцелевой оптимизации, то есть оптимизации множества различных целей, чтобы определять оптимальное решение, которое лучше всего оптимизирует множество целей, рассматриваемых таким образом.

Для выполнения этого упомянутое устройство 1 оптимизации имеет тип, содержащий:

- средство 4 ввода данных;

- средство 2 для определения критерия для каждой из рассматриваемых целей, из информации или данных, принимаемых (посредством соединения 3) от средства 4 ввода данных;

- средство 5 для получения многокритериальной оптимизации на основании этих критериев; и

- пользовательское средство 21, определяемое ниже.

В рамках настоящего изобретения, средство 4 ввода данных может содержать:

- средство 15 (устройства или системы, например, такие как радиолокационный блок) для автоматического предоставления данных устройству 1; и/или

- средство 16 для обеспечения возможности ввода данных для оператора, в частности, вручную. Упомянутое средство 16 может содержать клавиатуру, «мышь», сенсорную панель и т.д., или любое другое общепринятое средство, ассоциированное с экраном, например, такое, которое позволяет оператору вводить данные в упомянутое устройство

5 1.

В соответствии с изобретением, упомянутое средство 5 содержит, как показано на фиг. 1:

- элемент 6, который подсоединен посредством соединения 7 к средству 2 и который сформирован таким образом, чтобы оптимизировать каждый из упомянутых критериев

10 индивидуально и отдельно для получения оптимального субъекта для каждого из этих критериев. Оптимальный субъект содержит по меньшей мере одно оптимальное и допустимое значение для упомянутого критерия:

- элемент 8, который подсоединен посредством соединения 9 к элементу 6 и который сформирован таким образом, чтобы определять, с использованием эволюционного

15 игрового алгоритма, коэффициенты выживания упомянутых оптимальных субъектов, принимаемых от элемента 6; и

- элемент 10, который подсоединен посредством соединения 11 к элементу 8 и который сформирован таким образом, чтобы определять оптимальное решение, посредством

20 видоизменения оптимальных субъектов с использованием упомянутых коэффициентов выживания и с применением оператора видоизменения. Это оптимальное решение содержит по меньшей мере одно окончательное оптимальное значение, обеспечивающее возможность достижения всех рассматриваемых целей, подлежащих оптимизации.

Более точно, элемент 8 содержит:

- средство 12, которое подсоединено посредством соединения 9 к элементу 6 и которое

25 сформировано таким образом, чтобы оценивать, для каждого из упомянутых оптимальных субъектов, его характеристики в соответствии с каждым из остальных критериев, кроме критерия, относящегося к рассматриваемому оптимальному субъекту, чтобы получить оценочную матрицу (или матрицу выигрышей), содержащую оценки

30 в баллах оптимальных субъектов в соответствии со всеми другими критериями; и

- средство 13, которое подсоединено посредством соединения 14 к упомянутому

средству 12 и которое сформировано таким образом, чтобы оценивать, с использованием упомянутой оценочной матрицы и эволюционного игрового алгоритма, выживание

35 оптимальных субъектов в соответствии с каждым из других критериев таким образом, чтобы получать упомянутые коэффициенты выживания. Предпочтительно, упомянутые коэффициенты выживания соответствуют равновесным скоростям роста популяции оптимальных субъектов, в соответствии с приведенным ниже определением.

Таким образом, благодаря изобретению, для данной многоцелевой задачи, устройство 1 рассматривает каждую цель индивидуально и отдельно, посредством ее

40 ассоциированного критерия, определяемого средством 2. Затем элемент 6 обычным образом определяет оптимального субъекта для каждого конкретного критерия. Предлагаемые решения должны быть практически осуществимыми (то есть достижимыми), чтобы генерировать решения, которые имеют смысл с точки зрения рассматриваемой системы.

Далее, просматривается полное пространство решений, которое учитывает все

45 критерии, а также осуществимость решения. Характерная особенность этого этапа заключается в том принципе, что осуществимость решения становится двоичным критерием, приводящим выживание субъекта к нулю, если предложенное решение является невыполнимым. Таким образом, практически невозможные субъекты исчезнут

из совокупности (или набора) рассматриваемых решений, оставляя пространство только для одной совокупности, способной существовать в рассматриваемой среде. Это автоматическое исключение практически невозможных субъектов является преимуществом, которое дает возможность естественным образом отойти от решений, которые являются недостижимыми, и следовательно, время вычисления значительно сокращается.

Таким образом, путем проверки на выживание оптимальных субъектов в их среде будет проверено то, как они будут адаптироваться к среде, в которой сосуществуют все оптимальные субъекты (в соответствии с каждым из критериев). Далее, как только совокупность стабилизируется, оператор видоизменения модифицирует субъектов, чтобы создать субъекта (то есть, получить оптимальное решение), способного выживать в любой среде устойчивым образом.

Элемент 10 вычисляет каждый компонент оптимального решения, например, используя барицентр соответствующих компонентов оптимальных субъектов, взвешенных по равновесной скорости.

Помимо этого, устройство 1 также содержит элемент 17 для проверки осуществимости оптимального решения, принятого от элемента 10 посредством соединения 18, и, в случае неосуществимости, для определения нового оптимального решения, соответствующего осуществимому решению, самому близкому к этому оптимальному (неосуществимому) решению. Для выполнения этого выход элемента 17 может быть подсоединен к соединению 9 через соединение 19, чтобы средства 8 и 10 могли повторять свою обработку. Затем элемент 17 передает оптимальное решение посредством соединения 20 на пользовательское средство 21, например, средство отображения (которое отображает оптимальное решение на экране) или печатающее средство (которое печатает оптимальное решение). Это средство 21 может образовывать со средством 16 человеко-машинный интерфейс.

Ниже приведено более подробное описание обработки, выполняемой различными элементами средства 5.

Таким образом, элемент 6 из средства 5 индивидуально оптимизирует каждый из рассматриваемых критериев $C1-CN$, где N представляет собой целое число, используя по меньшей мере один соответствующий алгоритм оптимизации. Для выполнения этого элемент 6 может использовать различные типы алгоритма. В предпочтительном варианте осуществления он использует алгоритм типа оптимизации методом роя частиц, как определено, например, в статье авторов Leboucher, Chelouah, Siarry и Le Menec под названием «Способ роевого интеллекта, объединенный с эволюционной теорией игр, применяемой к задаче распределения ресурсов» и опубликованной в «Международном журнале исследования роевого интеллекта» (IJSSIR), т. 3, стр. 20-38, 2012 г.

Предлагаемое решение должно быть уникальным и оптимальным в соответствии с каждым критерием.

Затем, после приема совокупности оптимальных субъектов $I1-IN$ в соответствии с каждым из рассматриваемых критериев, определяемых элементом 6, средство 12 оценивает характеристики оптимального субъекта $I1$ (в соответствии с критерием $C1$) с $C2, C3, \dots, CN$. Таким образом, средство 12 получает характеристики этого субъекта $I1$ в других пространствах решений. Вычисление оценки в баллах выполняется средством 12 для всех субъектов $I1-IN$. Все пространства стандартизируются, чтобы сопоставление имело смысл.

Затем получают матрицу выигрышей (или оценочную матрицу) A , в которой значение $A(i,j)$ дает оценку оптимальному субъекту Ii (в соответствии с Ci) в Cj .

В примере для $N=6$ (для субъектов I1-I6), получена матрица выигрышей типа 6×6 , содержащая оценки в баллах оптимальных решений в соответствии с другими критериями. В качестве иллюстрации, эта матрица A может быть выражена в виде:

$A=$

5 1,0000 0,0196 0,3309 0,4243 0,2703 0,1971
 0,8217 1,0000 0,4299 0,8878 0,3912 0,7691
 0,3968 0,8085 1,0000 0,7551 0,3774 0,2160
 0,7904 0,9493 0,3276 1,0000 0,6713 0,4386
 0,8335 0,7689 0,1673 0,8620 1,0000 0,9899
 10 0,5144 0,8843 0,5880 0,1548 0,1999 1,0000

После того как матрица выигрышей или оценочная матрица A установлена, средство 13 использует эволюционный игровой алгоритм, чтобы проверить выживание оптимальных вовлеченных субъектов в соответствии с другими критериями. Затем получают стабильное состояние совокупности, в котором конечное соотношение
 15 субъектов указывает интенсивность сопротивления оптимального субъекта I1 (критерия C_i) для других критериев C_j , как показано на фиг. 2, которая иллюстрирует для каждого из субъектов I1-I6 соотношение P совокупности (соответственно, $P1-P6$) в зависимости от времени T .

В этом примере на фиг. 2 можно увидеть, что субъекты I1 и I5 для всех критериев не
 20 подходят. С другой стороны, субъекты I2 и I4 очень хорошо адаптируются к другим критериям. Между тем субъекты I3 и I6 демонстрируют адаптацию, находящуюся между адаптацией субъектов I1 и I5 и адаптацией субъектов I2 и I4. На основании этих результатов считается, что оптимальный субъект для всех этих критериев состоит из равновесных интенсивностей совокупности ESS (эволюционно-стабильной стратегии).

25 Затем элемент 10 применяет оператор видоизменения к этим субъектам после идентификации различий между субъектами, чтобы сохранить «хорошие гены» каждого субъекта. После этого получают видоизмененный субъект (а именно упомянутое оптимальное решение), который способен к выживанию сбалансированным образом в пространстве решений рассматриваемых критериев.

30 Этот процесс видоизменения существующих решений может принять форму барицентра для каждого компонента решения, взвешенного по полученной равновесной интенсивности (ESS).

Процесс видоизменения, реализуемый элементом 10, аналогичным образом может принимать различные формы. Например, также является возможной оптимизация типа
 35 оптимизации методом роя частиц. Затем оптимальные решения по каждому из критериев предоставляют информационные частицы каждого из них. Таким образом, при каждой итерации алгоритма, матрица выигрышей реконструируется так, чтобы учесть текущее решение и его выживание в среде оптимальных субъектов. Эта процедура продолжается до тех пор, пока весь рой не будет стабилизирован. Окончательное решение представляет
 40 собой усреднение позиций, полученных роем (регулируемая точность для критерия останова; например, как только все частицы будут расположены по меньшей мере в одной тысячной секунды друг от друга, рой считается стабилизированным).

Этот процесс эволюции для сходимости к устойчивому и осуществимому решению может быть получен на основании различных многочисленных процессов (генетических
 45 алгоритмов и т.п.).

Таким образом, устройство 1 в соответствии с изобретением, как описано выше, имеет следующие преимущества:

- способность обрабатывать весьма неоднородные цели;

- естественный отбор наиболее существенных критериев при наличии других критериев; и

- возможность сопоставления большого количества критериев.

Кроме того, упомянутое устройство 1 позволяет гарантировать устойчивость окончательного решения. В действительности, принцип эволюционных игр и сходимость результатов к устойчивому решению позволяют гарантировать устойчивость результатов. Это приводит к устойчивости устройства 1 в соответствии с изобретением к незначительным изменениям в выборе критериев.

Помимо этого, устройство 1 позволяет оценивать субъекта в других пространствах решений (пространствах, определяемых в соответствии с другими критериями). Таким образом, это сопоставление позволяет оценивать значение решения в соответствии со всеми критериями и поэтому сравнивать их непосредственно. Это позволяет аналогичным образом обнаруживать критерии, которые являются наиболее преобладающими среди всех критериев.

Устройство 1 в соответствии с настоящим изобретением можно применять в различных областях.

В предпочтительном применении, упомянутое устройство 1 является частью системы 25 для обработки угроз в военной области, в частности, типа командования и управления, содержащий назначение средств поражения, в частности, реактивных снарядов, для обработки угроз, в частности, воздушных источников угрозы.

Эта система 25 содержит, как показано на фиг. 3:

- средство 15, которое содержит по меньшей мере один радиолокационный блок 26, передающий информацию об окружающей ситуации, в частности, в воздухе, на устройство 1 через соединение 3. Это средство 15 уже может являться частью (по меньшей мере частично) устройства 1 или может быть выделено для системы 25. Радиолокационный блок 26 обнаруживает источники угрозы и передает соответствующую информацию, в частности, относящуюся к расположению и кинематическим характеристикам источников угрозы;

- упомянутое устройство 1, которое обрабатывает эту информацию (которая сначала форматируется с помощью средства 2), чтобы вывести из нее предположение о взаимодействии, прежде всего посредством определения, с использованием элемента 6, благоприятных периодов пуска на основании упомянутой отформатированной информации, затем оттуда выводится предположение о взаимодействии на основании этих благоприятных периодов пуска. Это предположение о взаимодействии определяет назначение средств поражения и предоставляет моменты открытия огня (или интервалы времени), чтобы обработать (в частности, чтобы уничтожить) различные источники угрозы; и

- средство 27 для реализации этапа подтверждения предположения о взаимодействии, принятого от устройства 1 посредством соединения 20. Подтверждение дается оператором с помощью средства 28 (например, образующего часть вышеупомянутого человеко-машинного интерфейса), которое подсоединено посредством соединения 29 к упомянутому средству 27. С этой целью предположение о взаимодействии может быть отображено, например, с помощью средства 21.

Далее, взаимодействие осуществляется в соответствии с предположением о взаимодействии, подтвержденным упомянутым средством 27 и переданным посредством соединения 30, например, на средство отображения (не показано). Средство 27 и устройство 1 (в частности, его средства 2, 6, 8, 10 и 17) являются, например, частью блока 31 обработки информации.

В случае системы 25 управления и контроля в военной области, если два критерия, которые позволяют оценивать хорошее решение, являются, с одной стороны, способностью системы реагировать для быстрого вступления в бой, а с другой стороны, достижением максимума вероятности успешного осуществления миссии, имеются два независимых и даже антагонистичных друг другу критерия. На самом деле, лучше подождать, пока цель не окажется близко, чтобы увеличить шансы на успех при обстреле. Однако ожидание, пока цель приблизится, ухудшает качество решения в соответствии с критерием способности реагировать системы. Оптимизация по каждому из критериев обеспечивает оптимальное решение в соответствии с каждым из критериев, затем эволюционная теория игр переходит к конечному этапу оптимизации, который позволяет определять степень, до которой полученные решения могут сохраняться при наличии друг друга. Для этого прежде всего оценивается решение, которое оптимизирует критерий способности реагировать в пространстве решений критерия вероятности успеха. Оценка в баллах, полученная в другом пространстве, используется в матрице выигрышей. Аналогичная процедура используется для решения, которое максимально увеличивает вероятность успеха при обстреле в отношении способности реагировать.

В качестве иллюстрации ниже приводится конкретный пример, связанный с таким применением для системы 25 типа C2.

В этом примере рассматривается система 25 типа C2, которая защищает зону, подвергающуюся нападению со стороны трех источников угрозы (или целей T_j , подлежащих уничтожению, где j представляет собой целое число от 1 до 3). Эта система имеет три реактивных снаряда M_i , где i является целым числом от 1 до 3, для защиты этой зоны.

Предполагается, что M_1 выделяется для T_1 , M_2 для T_2 , а M_3 для T_3 . Должна быть определена последовательность пусковых операций, которая оптимизирует, в то же время, способность системы вступать в бой в максимально короткие сроки и ее способность максимально увеличивать вероятность успешного осуществления миссии (уничтожения целей T_j). Поэтому необходимо найти компромисс между этими двумя поставленными задачами, антагонистичными друг другу. Устройство 1 позволяет автоматизировать эту процедуру надежным образом.

В качестве иллюстрации предполагается, что оптимальное решение в отношении способности реагировать (или оптимальный субъект) представляет собой $S_1 = [15 \ 18 \ 21]$, и что решение, которое максимально увеличивает общую вероятность успеха (или оптимальный субъект) представляет собой $S_2 = [31 \ 24 \ 45]$. Три компонента каждого из этих решений представляют собой моменты открытия огня (определяемые в единицах времени), соответственно, трех реактивных снарядов M_1 - M_3 . Таким образом, для критерия S_1 , оптимальным моментом при обстреле для реактивного снаряда M_2 является 18. Предполагается, что матрица выигрышей A_0 представляет собой

$$A_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0,2 \\ 0,7 & 0 \end{bmatrix}$$

Полученная равновесная интенсивность представляет собой $ESS = [0,22 \ 0,78]$. Таким образом, решение стратегии S_2 сохраняется с более высокой интенсивностью (коэффициент выживания 0,78), чем решение способности реагировать S_1 (коэффициент выживания 0,22). Затем с учетом барицентрического видоизменения, указанного выше, элемент 10 определяет следующее оптимальное решение S :

$$S = [15 * 0,22 + 31 * 0,78 \ 18 * 0,22 + 24 * 0,78 \ 21 * 0,22 + 45 * 0,78]$$

$$S = [27,48 \ 22,68 \ 39,72].$$

Таким образом, получают оптимальное решение S , которое принимает во внимание все цели и оптимизирует все критерии.

Сохраняется необходимость в дополнительной операции для подтверждения осуществимости полученного оптимального решения. Для выполнения этого элемент 5 17 применяет простую процедуру коррекции на основании опыта, которая основана, например, на евклидовом расстоянии по отношению к ближайшему возможному решению. Таким образом, если полученный момент запуска невозможен, например, из-за системных ограничений, достаточно просто перенести предполагаемый момент запуска на доступный момент, самый близкий к моменту, который является 10 невыполнимым.

Устройство 1 было описано выше в применении к системе 25 типа C2. Однако возможны многочисленные другие применения. Таким образом, большинство задач оптимизации, ассоциированных с промышленностью, находится в форме многоцелевых задач с целями, которые очень часто являются антагонистичными друг другу.

Этот тип ситуации аналогичным образом представлен в применениях оптимального управления, в которых, например, механическая рука (или элемент) должна начинать с первой точки, чтобы как можно быстрее перейти ко второй точке, но при этом необходимо выполнять условие, заключающееся в том, чтобы не выходить за пределы второй точки. Например, в хирургии не допускается неустойчивая система, и движения 20 механической руки должны быть очень точными, но также и достаточно быстрыми, чтобы сделать операцию практически осуществимой. Устройство 1 в соответствии с изобретением позволяет определять решение, которое дает возможность реализовывать эти две цели оптимальным образом.

Кроме того, также можно упомянуть следующее:

- 25 - область финансирования, в которой, возможно, придется оптимизировать антагонистичные друг другу цели;
- область материально-технического обеспечения, в которой существует необходимость, например, в том, чтобы сводить к минимуму время поставки при одновременной минимизации затрат на коммерческую деятельность; и
- 30 - военную область с разведкой местности, выполняемой с помощью беспилотных летательных аппаратов. Беспилотные летательные аппараты должны летать на достаточной высоте, чтобы иметь обзор наблюдаемой зоны, но должны оставаться незаметными, чтобы не ставить под угрозу их «выживание». Следовательно, необходимо достичь компромисса между качеством наблюдения и шансом на «выживание».

35

(57) Формула изобретения

1. Устройство многоцелевой оптимизации, причем упомянутое устройство содержит:

- средство ввода данных,
- первое средство для определения критерия для каждой из рассматриваемых целей 40 на основании введенных данных,
- второе средство для автоматического достижения многокритериальной оптимизации, и
- пользовательское средство, при этом пользовательское средство содержит средство отображения, которое отображает оптимальное решение на экране,
- 45 при этом упомянутое второе средство содержит по меньшей мере:
 - первый элемент для оптимизации каждого из упомянутых критериев индивидуально для получения оптимального субъекта (I1-I6) для каждого из этих критериев, при этом оптимальный субъект содержит по меньшей мере одно оптимальное и допустимое

значение для упомянутого критерия,

- второй элемент для определения, с использованием эволюционного игрового алгоритма, коэффициентов выживания упомянутых оптимальных субъектов (II-16), и

5 - третий элемент для определения оптимального решения посредством видоизменения оптимальных субъектов с использованием упомянутых коэффициентов выживания и с применением оператора видоизменения, причем упомянутое оптимальное решение содержит по меньшей мере одно окончательное оптимальное значение, обеспечивающее возможность достижения всех рассматриваемых целей, подлежащих оптимизации.

2. Устройство по п. 1, в котором средство ввода данных содержит средство, которое 10 обеспечивает возможность автоматического предоставления данных.

3. Устройство по п. 1, в котором средство ввода данных содержит средство, которое обеспечивает возможность ввода данных для оператора.

4. Устройство по п. 3, в котором средство отображения и средство, обеспечивающее возможность ввода данных для оператора, образуют часть человекомашинного 15 интерфейса.

5. Устройство по п. 1, в котором второй элемент содержит

- средство, которое сформировано таким образом, чтобы оценивать, для каждого из упомянутых оптимальных субъектов, его характеристики в соответствии с каждым из остальных критериев, кроме критерия, относящегося к рассматриваемому 20 оптимальному субъекту с тем, чтобы иметь возможность получения оценочной матрицы, содержащей оценки в баллах оптимальных субъектов в соответствии со всеми другими критериями, и

- средство, которое сформировано таким образом, чтобы оценивать, с использованием упомянутой оценочной матрицы и эволюционного игрового алгоритма, выживание 25 оптимальных субъектов в соответствии с каждым из других критериев таким образом, чтобы получать упомянутые коэффициенты выживания.

6. Система распределения ресурсов, в которой она содержит устройство по п. 1.

7. Система для обработки угроз в военной области, содержащая назначение средств поражения для обработки угроз, причем упомянутая система содержит:

30 - первый блок для получения информации относительно рассматриваемой ситуации, - второй блок для обработки этой информации, чтобы выводить из нее предположение о взаимодействии, прежде всего посредством определения благоприятных периодов пуска на основании упомянутой информации, затем выводить оттуда предположение о взаимодействии на основании этих благоприятных периодов пуска, при этом 35 упомянутое предположение о взаимодействии определяет назначение средств поражения и моменты открытия огня для обработки угроз, и

- третий блок для реализации этапа подтверждения предположения о взаимодействии, причем взаимодействие осуществляется в соответствии с предположением о взаимодействии, подтвержденным с использованием упомянутого третьего блока, при 40 этом упомянутая система также содержит человекомашинный интерфейс, обеспечивающий возможность оператору выполнять подтверждение предположения о взаимодействии и средство отображения, которое отображает предположение о взаимодействии, подтвержденное упомянутым третьим блоком,

при этом упомянутый второй блок содержит устройство по п. 1.

8. Система по п. 7, в которой первый блок содержит по меньшей мере один радиолокационный блок, который передает информацию об окружающей ситуации на 45 упомянутое устройство.

9. Способ многоцелевой оптимизации, в соответствии с которым автоматически

реализуются этапы, на которых:

А) генерируются данные и определяется критерий для каждой из рассматриваемых целей, и

В) осуществляется многокритериальная оптимизация, которая затем используется, отличающийся тем, что на этапе В) реализуются следующие последовательные операции:

а) каждый из упомянутых критериев оптимизируется индивидуально для получения оптимального субъекта (I1-I6) для каждого из этих критериев, при этом оптимальный субъект содержит по меньшей мере одно оптимальное и допустимое значение для упомянутого критерия,

б) с использованием эволюционного игрового алгоритма определяются коэффициенты выживания упомянутых оптимальных субъектов, и

с) определяется оптимальное решение посредством видоизменения оптимальных субъектов (I1-I6) с использованием упомянутых коэффициентов выживания и с применением оператора видоизменения, причем упомянутое оптимальное решение содержит по меньшей мере одно окончательное оптимальное значение, обеспечивающее возможность достижения всех рассматриваемых целей, подлежащих оптимизации.

10. Способ по п. 9, в котором на этапе В/б)

б1) для каждого из упомянутых оптимальных субъектов, их характеристики оцениваются в виде баллов в соответствии с каждым из остальных критериев, кроме критерия, относящегося к рассматриваемому оптимальному субъекту, с тем, чтобы иметь возможность получения оценочной матрицы, которая содержит соответствующие оценки в баллах различных оптимальных субъектов в соответствии со всеми другими критериями, и

б2) с использованием упомянутой оценочной матрицы и эволюционного игрового алгоритма оценивается выживание оптимальных субъектов (I1-I6) в соответствии с каждым из других критериев таким образом, чтобы получать упомянутые коэффициенты выживания.

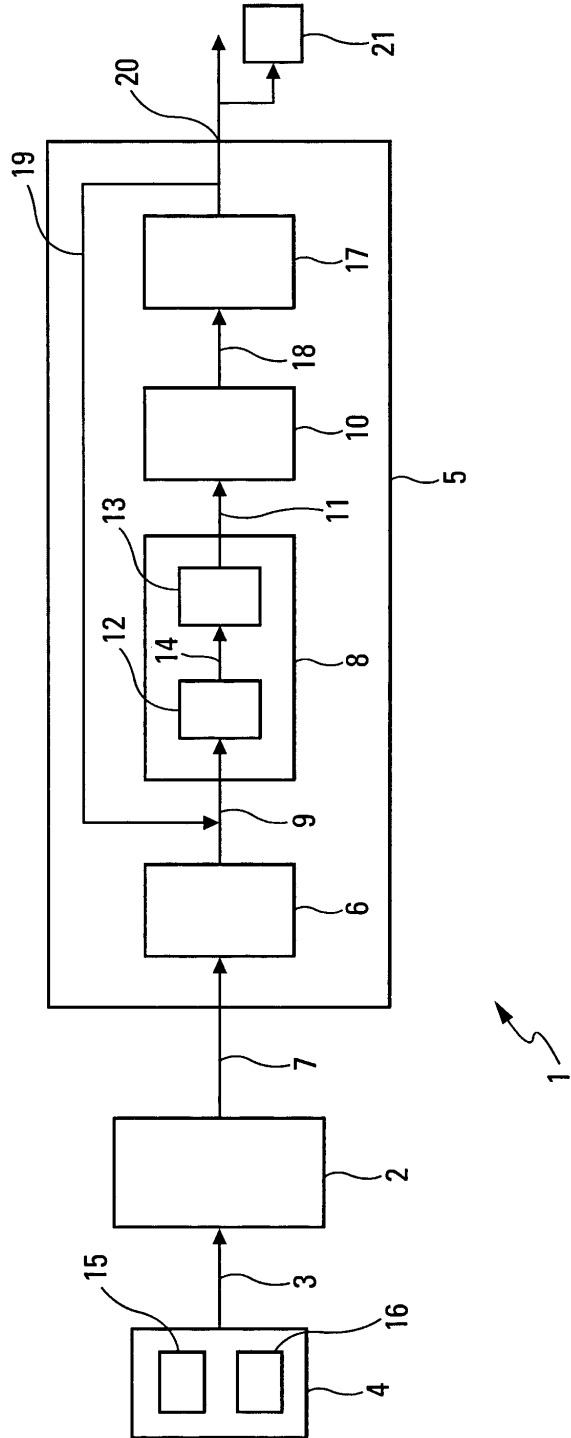
11. Способ обработки угроз в военной области, содержащий назначение средств поражения для обработки угроз, причем в соответствии с этим способом реализуются последовательные этапы, на которых:

а) извлекается информация относительно рассматриваемой ситуации,

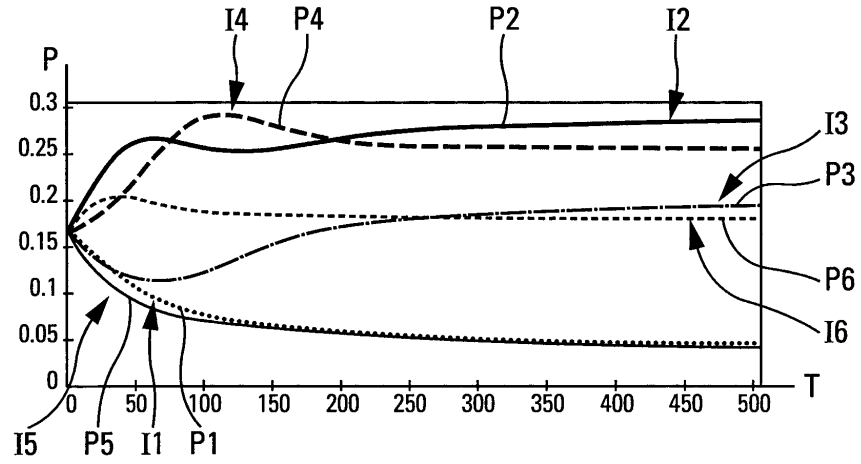
б) эта информация обрабатывается, чтобы вывести из нее предположение о взаимодействии, прежде всего посредством определения благоприятных периодов пуска на основании упомянутой информации, затем оттуда выводится предположение о взаимодействии на основании этих благоприятных периодов пуска, при этом упомянутое предположение о взаимодействии определяет назначение средств поражения и моменты открытия огня для обработки угроз, и

в) обеспечивается этап подтверждения предположения о взаимодействии, причем взаимодействие осуществляется в соответствии с предположением о взаимодействии, подтвержденным на этом этапе в),

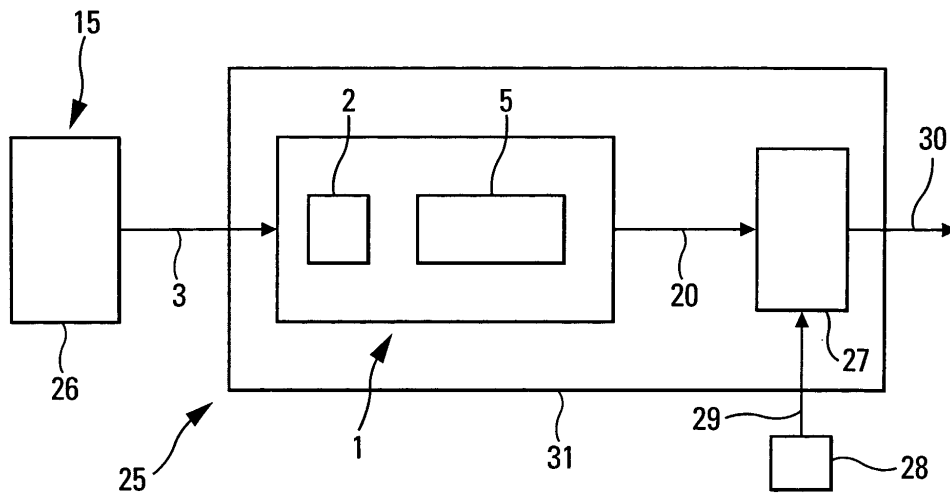
при этом на этапе б) предположение о взаимодействии определяется посредством реализации способа по п. 9.



ФИГ.1



ФИГ.2



ФИГ.3