

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОИСКА НАУЧНЫХ ОТКРЫТИЙ

Колешко В.М., Гулай А.В.

The intellectual retrieval system of scientific discoveries with initial indefinite target is offered. During process of research the target is revealed and specific result of intellectual search is definitely formulated. In initial moment of operation the information impulse is given for intellectual system with indefinite target – data block of the general view with possible more wide comprehension of scientific problem is entered. The basis of effective operation of an intellectual retrieval system of scientific discoveries is the creation of technique and instruments of activity with creative thinking from pattern recognition up to intuitive intelligent.

Традиционно функционирование интеллектуальной поисковой системы начинается с формулирования цели поиска решения той или иной задачи: научной, технической, образовательной, маркетинговой, управленческой. Цель выражается и конкретизируется, например, в научно-техническом поиске, через постановку задач, определение назначения, установление области применения и, наконец, задание поля параметров объекта исследования. Алгоритм практически всякого научного и технического поиска, последовательность его основных операций и действий задается указанными факторами (атрибутами цели). Такой поиск является замкнутым, закрытым, циклическим: конкретная цель, сформулированная в начале процесса поиска, является и началом цикла, и конечным, итоговым его моментом, выступая в конце поиска его реальным результатом, то есть цель трансформируется в процессе поиска в его конечный результат (рис. 1).

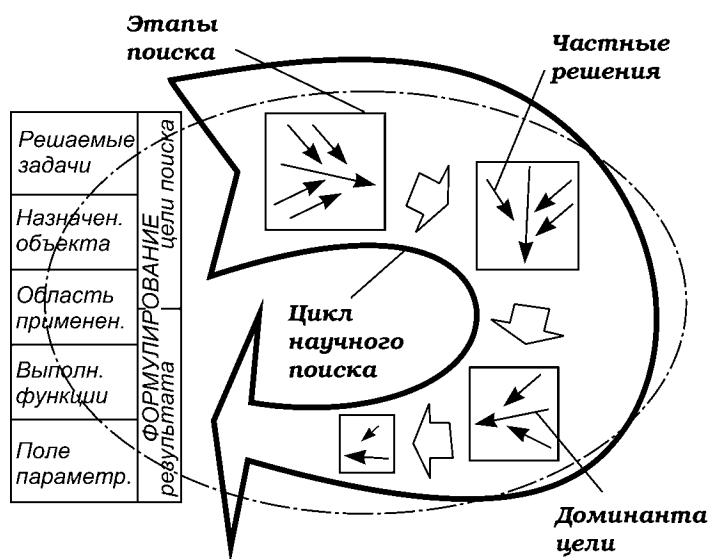


Рис. 1. Функциональная схема традиционной интеллектуальной системы научного поиска.

В традиционной интеллектуальной системе все промежуточные, частные, локальные (как планируемые, так и непредвиденные) находки и решения подчинены проблеме достижения поставленной цели. Они анализируются, оцениваются (и, естественно, принимаются или отвергаются) с точки зрения соответствия одному критерию – способствуют ли они (и в какой степени) достижению реального результата. Цикл замыкается независимо от того, совпал ли результат с поставленной первоначальной целью или отличается от нее. В случае несовпадения, расхождения результата и цели возможен новый виток поиска, повторный цикл для достижения цели. Однако это не меняет сущности системы, так как остается ее главный при-

знак – замкнутость этого витка, и замыкающим звеном выступает цель-результат. Таким образом, в традиционной интеллектуальной системе изначально заложена предрешенность, определенность результата в цели, то есть «известность» результата через определенность цели.

Однако наиболее ошеломляющие научные открытия, оригинальные, неординарные технические решения как раз удивляют своей «незапланированностью». Именно таким образом обнаруживаются явления, открытие которых не ожидалось даже их авторами [1, 2]. Примерами могут служить явление гиперпроводимости тонкопленочных структур [2], а также наиболее шумевшие открытия в области физики сверхпроводимости: в 1986 году ученые были неожиданно поставлены перед фактом открытия нового класса материалов, проявляющих эффект высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), - керамик на основе оксидов меди, а в январе 2001 года весь научный мир облетела новость об открытии нового сверхпроводника из ряда простых металлических соединений – диборида магния (MgB_2). Факт открытия сверхпроводящего материала с температурой перехода 39 К (что почти на 16 градусов выше температуры перехода Nb_3Ge – рекордсмена среди простых металлических сверхпроводников) вызвал у физиков замешательство: ведь десятилетиями полагали, что классическая сверхпроводимость в стабильных химических соединениях выше 30 К невозможна.

Дело в том, что в последние годы XX столетия исследователи сосредоточились на изучении таинственного и сложного мира высокотемпературных сверхпроводящих материалов в надежде выяснить механизм этого явления и реализовать наконец в технических изделиях те фантастические возможности, которые сулит эффект сверхпроводимости [3]. Однако, с высочайшим энтузиазмом исследуя ВТСП-купраты, ученые совершенно игнорировали простые металлические соединения, будучи уверенными в том, что те становятся сверхпроводниками только при очень низких температурах. И в этом смысле результаты японских физиков застали врасплох ученых во всем мире. Собственно, неожиданным был этот результат и для авторов открытия, пытавшихся путем замещения кальция магнием получить химический аналог соединения CaB_6 , которое, будучи полупроводником, при легировании становится ферромагнетиком. Снова, как и в случае с открытием ВТСП-купратов, ученые «случайно» нашли совершенно не то, что искали.

Открытия такого рода не вписываются в рассмотренную выше традиционную циклическую систему интеллектуального поиска. В цепи действий на пути к такому открытию нет целенаправленности, нет соответствующей цели – следовательно, нет и ожидаемого совмещения результата с целью, в этом и состоит неожиданность открытия. Можно предположить, что по мере накопления обществом знаний, по мере лавинного умножения объема знаний относительное число таких спонтанных открытий будет увеличиваться. Углубление познания явлений мира делает все менее вероятной догадку о той закономерности, руководствуясь которой можно было бы в начале исследования сформулировать стратегическую цель поиска, а цель, в свою очередь, явилась бы ожидаемым результатом исследования.

В связи с изложенным можно определить основной отличительный признак системы интеллектуального поиска, которая изначально ориентирована на отыскание «неожиданных», а точнее неожиданных научных решений. Основной характерной чертой такой системы является **начальная неопределенность цели** поиска. Парадокс стратегии интеллектуального поиска и функциональной реализации интеллектуальных систем заключается в том, что в данном случае отбрасывается основной атрибут традиционного поискового процесса – точное определение цели поиска (которое в общем случае является основным атрибутом всякого действия). Единая цель процесса поиска не формулируется, ее заменяет система множественных частных, промежуточных целей-результатов, которые появляются и анализируются в ходе исследования. Первые шаги научного поиска интеллектуальной системы с неопределенностью цели могут иметь совершенно разные направления и выявлять широкий спектр

эффектов, порой не пересекающихся и не совпадающих друг с другом на начальном этапе исследования.

Таким образом, сущность парадокса стратегии интеллектуального поиска и функционального построения интеллектуальных поисковых систем можно представить следующим образом: весь процесс исследования, то есть достаточно протяженный цикл функционирования интеллектуальной системы по решению научной (или иной другой) задачи проходит в ситуации, когда его цель не определена на начало поиска (даже условно, виртуально); в ходе процесса она выявляется и к его окончанию формулируется в виде конкретного результата интеллектуального поиска. Такая интеллектуальная система, в отличие от известной, не замкнута и при общем взгляде на нее представляется открытой, менее определенной в сравнении с традиционной системой (рис. 2).

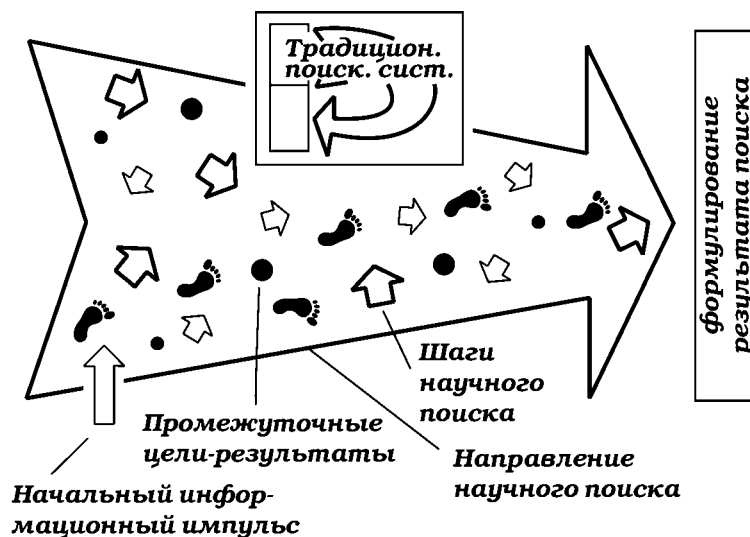


Рис. 2. Функциональная схема интеллектуальной поисковой системы с начальной неопределенностью цели.

Можно предположить, что интеллектуальная поисковая система с начальной неопределенностью цели должна использоваться главным образом для решения проблем, которые перед началом исследования вообще невозможно точно сформулировать из-за их сложности, объемности, многозначности, загадочности, опасности или по другим причинам. В «нулевой» точке – в момент «запуска» интеллектуальной системы имеется только начальный информационный импульс – «информационный впрыск» в интеллектуальную систему, то есть задаваемый блок информации самого общего вида и с возможно более широким и объемным пониманием научной проблемы.

Следует еще раз подчеркнуть, что в данном случае речь идет о начальной неопределенности цели, то есть о невозможности ее определения на момент начала исследования. Само собой разумеется, что надо признавать вероятным появление в ходе исследования условий, благоприятных для формулирования целей, причем как промежуточных, частных, локальных, так и общей цели исследования. Более того, интеллектуальная система с начальной неопределенностью цели может включать в себя в качестве составных элементов традиционные интеллектуальные системы с жесткой целенаправленностью для решения возникающих по ходу исследования отдельных конкретных задач.

Конечный успех научного поиска в интеллектуальной системе с неопределенностью цели определяется следующими факторами:

- правильно построенной структурой (иерархией) интеллектуальной системы и достаточностью ее объема, в том числе объема компьютерной части (памяти, быстродействия);

- высокими интеллектуальными возможностями и уровнем образованности исследователя, в частности, как оператора интеллектуальной системы и эксперта предлагаемых ею вариантов решений. Говоря в данном случае об исследователе (операторе, эксперте), мы будем иметь в виду тот научный, производственный или обучаемый коллектив (независимо от его статуса и численности), который занят поиском решения в интеллектуальной системе.

Конкретная задача, которая ставится перед традиционно построенной интеллектуальной системой, можно сказать, «обречена на удачу», так как она задается на основе уже имеющегося положительного результата, мирового научного опыта. Напротив, в проведении поиска интеллектуальной системой с начальной неопределенностью цели возможна ситуация, которая в традиционном случае могла бы быть названа тупиковой. Это может быть, например, когда полученный в итоге результат недостаточно конкретен (конечно, с точки зрения традиционной интеллектуальной технологии решения традиционных же задач). Такая «тупиковая» ситуация может быть неразрешимой даже после возвращения к некоторым промежуточным частным положительным результатам и выбора нового пути проведения дальнейшего поиска по иным алгоритмам с привлечением других моделей, теорий и экспериментов. В данном случае следует признать (и в этом заключается одно из отличий новой интеллектуальной системы от традиционной) достигнутый результат положительным. Такой подход к оценке итогов поиска еще больше повышает значимость указанных выше факторов для достижения успеха, особенно фактора исследователя-эксперта, его интеллектуальных способностей и творческих возможностей.

При работе в интеллектуальной системе с неопределенностью цели многократно возрастают требования к интеллекту исследователя, его уровню знаний, способности логически и творчески мыслить. Такая система, взяв на себя огромный объем обязанностей по поиску, накоплению, классификации, хранению информации, а также моделированию задаваемых ситуаций, процессов и явлений, оставляет еще больший объем работы исследователю. Обязанностями исследователя как научного эксперта и оператора системы остаются:

- формирование первоначального запроса к информационным ресурсам и аналитическим возможностям интеллектуальной системы;
- анализ предлагаемого интеллектуальной системой множества решений: факторов, воздействий, конструкций, связей, технологий, составов;
- из найденного множества вариантов выбор решений, отвечающих критерию значимости (новизны, эффективности);
- компьютерное моделирование, теоретическая и экспериментальная проверка выбранных решений, перспективных для дальнейшего изучения;
- по результатам проведенных исследований определение поля новых требований к объему и направлению научного поиска;
- определение направлений и объема поиска решений в соответствии с новыми, конкретизированными требованиями;
- привлечение соответствующих информационных и интеллектуальных ресурсов (банков данных, компьютерных моделей, систем проектирования);
- повторение последовательности указанных операций до момента принятия решения о результативности проведенного интеллектуального поиска.

Неопределенность цели фактически ставит интеллектуальную систему и исследователя в режим «свободного поиска», не ограниченного рамками конкретной задачи. Ограничивающими факторами в данном случае выступают «глобальные» обстоятельства, формирующие пространство поиска:

- достигнутый научно-технический уровень развития общества и информационно-аналитический потенциал интеллектуальных систем;
- стратегические задачи развития общества и общественный заказ на результаты интеллектуального поиска;

- принципы нравственности, морали, этики, веры, которых придерживается исследователь;
- эрудиция, уровень подготовленности, творческие возможности, широта научных интересов исследователя.

Поиск новых решений ведется в n -мерном (неплоском: $n > 2$) пространстве, которое ограничено указанными факторами. По мере продвижения поиска происходит сужение n -мерного объема и даже снижение уровня многомерности до $n-m$ ($m < n-2$). Поиск новых операций, воздействий, конструкций, связей и веществ, который на начальных шагах носит случайный, хаотичный характер, с каждым шагом по мере продвижения к конечному результату становится все более упорядоченным, нацеленным на получение результата. Промежуточные цели-результаты постепенно к последним шагам научного поиска все чаще пересекаются друг с другом, превращаясь в единую цель, образуя основной результат. В традиционной «замкнутой» интеллектуальной системе иначе: есть ряд плоских (двухмерных) полей поиска (зависимостей одной величины от другой) и доминанта цели диктует выбор как характера этих полей, так и направления движения в них от начала поиска до его окончания.

Фактически каждый шаг в исследовательском процессе при неопределенности цели представляет собой «мозговой штурм», который выполняет интеллектуальная система под управлением исследователя, выступающего в роли оператора и эксперта. В классическом случае технология «мозгового штурма» содержит процедуру, которую можно описать последовательностью определенных действий (операций) по поиску некоторого наиболее приемлемого, и даже оригинального результата при решении нетривиальной задачи. Как известно, одним из условий успеха «мозгового штурма» является тщательный подбор состава участников – группы творческих специалистов, имеющих разное отношение к решаемому вопросу, чем достигается наиболее широкий спектр идей и предложений. Перед началом процедуры руководитель группы (оператор) обрисовывает создавшееся положение, отмечает неясные моменты и возможные направления поиска. Затем каждый из участников коротко излагает пришедшую в голову мысль; обсуждать, критиковать высказывания других и даже внешне реагировать на выступления запрещается – таким образом сохраняется атмосфера психологической раскрепощенности и свободы творчества, реализуется стремление устранить психологическую инерцию. Производится магнитофонная запись выступлений, которая затем анализируется группой эрудитов (экспертов) и из высказанного выуживается все скольконибудь ценное. Как показал мировой опыт применения «мозгового штурма», в среднем из 100-120 предложенных идей лишь несколько заслуживают внимания и только одна подсказывает решение поставленной задачи.

Проводя некоторые аналогии, можно сказать, что интеллектуальная система работает в напряженном режиме «постоянного мозгового штурма», в котором компьютеру и исследователю отведены следующие роли:

- компьютеру: по заказу исследователя генерация обширного пакета предложений, проверяемых по компьютерным технологиям (расчетным путем, математическим моделированием);
- исследователю: изучение, экспертная проверка и оценка предыдущей и организация следующей процедуры «мозгового штурма» и таким образом пошаговое продвижение к конечному результату.

Непременным условием и гарантией эффективного функционирования такой интеллектуальной системы является процесс постоянного ее наращивания и расширения. Поэтому интеллектуальная система должна находиться в состоянии непрерывного обогащения и пополнения знаний, причем это условие относится как к ее компьютерной части, так и к «человеческой». Следовательно, в данном случае более уместно говорить о динамике развития и роста интеллектуальной системы, чем о временных рамках или завершенности формирования.

ния ее объема. И процесс наращивания системы неостановим под угрозой снижения темпов интеллектуального поиска, причем поиска решений, обладающих «абсолютной новизной».

За счет привлечения новых знаний и технологий даже из других научных направлений и технических отраслей, на первый взгляд ни как не связанных с областью проводимых исследований, происходит расширение пространства интеллектуального поиска. Источником пополнения знаний интеллектуальной системы является также и сам процесс ее функционирования. Система сама себя «регенерирует», расширяя и углубляя поле информационного поиска по мере открытия новых явлений и эффектов, создания оригинальных технических решений, а затем вовлечения полученных результатов в продолжающийся научный процесс. Более того, находимые решения научно-технических задач и выявляемые при этом проблемы могут ложиться в основу создания в ее объеме новых интеллектуальных систем даже с более высоким «уровнем интеллекта».

Полезным продуктом, выходом которого сопровождается функционирование интеллектуальной поисковой системы с начальной неопределенностью цели, являются результаты каждого шага научного поиска: от перспективных теорий до завершенных производств. Выдвигаемые гипотезы, предвидения и озарения представляют собой тот информационный импульс, который дает начало образованию новых интеллектуальных систем научного поиска. Таким образом, можно сказать, что интеллектуальная система с начальной неопределенностью цели обладает некими чертами, подобными свойству размножения, то есть «генерации» себе подобных (рис. 3).

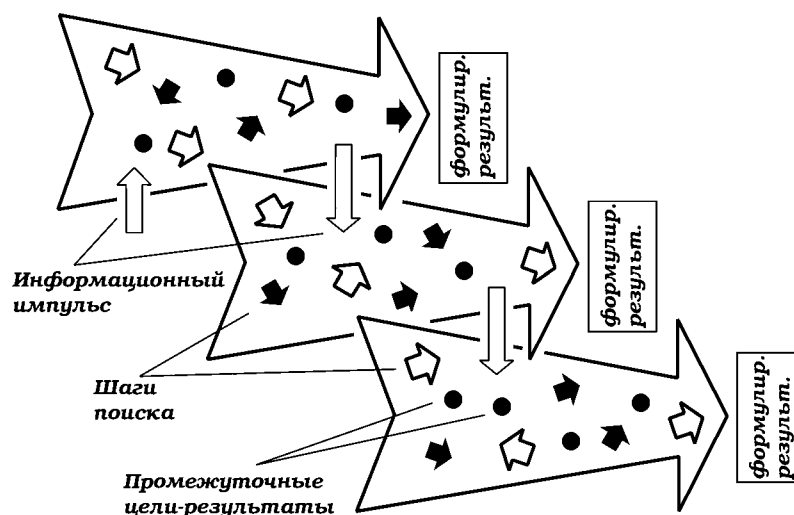


Рис. 3. Схема размножения интеллектуальных систем с начальной неопределенностью цели.

Стратегической проблемой при создании интеллектуальных систем является разработка принципиально новых способов и средств работы данных систем с образной (не вербальной) информацией от распознавания образов до интуитивного мышления [4]. Эти задачи вытекают из рассмотрения аналогий функционирования систем искусственного интеллекта и механизмов работы человеческого мозга. На сегодняшний день создание технологий искусственного интеллекта ограничивается рамками формализованных (логических) методов, в то время как (по нашему мнению и других ученых) творческое мышление является в основном образным. Вербальное и образное мышление, — это, можно сказать, две параллельно функционирующие интеллектуальные системы, каждая со своей иерархией обобщения информации, своими моделями мировых процессов, особыми оценками текущей ситуации. Вместе с тем эти две интеллектуальные системы тесно взаимосвязаны, дополняя друг друга; между ними нет четкой границы, а есть даже некоторая область, где все обобщенные образы переходят в символные представления.

Чем сложнее решаемая творческая задача, тем меньше человек полагается на логику и тем больше на интуицию и предвидение, которые основаны на образном мышлении. Это объясняется переходом от вербального формализованного представления задачи к ее «визуализации», к создаваемым воображением образным ассоциациям и аналогиям, интерпретирующим задачу и возможные пути ее решения и свободным от связывающих фантазию логических и других формальных ограничений. Многие закономерности и особенности процесса образного мышления были выявлены учеными и нашли отражение в различных методиках инженерного творчества, реализуемых с помощью компьютерных технологий.

В схеме функционирования интеллектуальной системы, соответствующей вышеизложенным соображениям, наряду с каналом, оперирующим вербальной информацией, представлен канал образной информации (рис. 4). Оба канала действуют согласованно последовательно и параллельно, с использованием внутренней обратной связи, реализующей процесс передачи задачи с вербального уровня на образный. Каждый функциональный блок схемы имеет несколько уровней и блоки связаны друг с другом по этим уровням. В схеме одновременно в разном темпе и с соблюдением приоритетов осуществляется несколько информационных процессов, направленных на решение различных задач. Аппаратно-программной средой для моделирования описанной интеллектуальной системы и процесса ее эволюционного самоусовершенствования является нейронная структура, в которой искусственные нейроны по своим параметрам приближаются к нейронным структурам человеческого мозга.

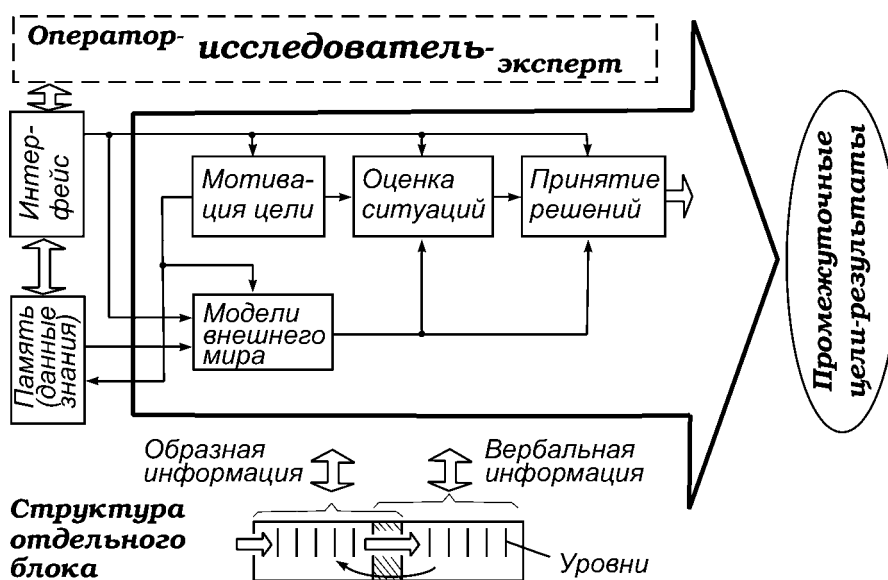


Рис. 4. Функциональная схема отдельного шага интеллектуальной системы поиска научных открытий.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно указать некоторые характерные черты интеллектуальной системы с начальной неопределенностью цели, которые представлены в сравнении с традиционной интеллектуальной системой в таблице 1.

**Особенности интеллектуальной системы
с начальной неопределенностью цели**

Традиционная интеллектуальная система	Интеллектуальная система с неопределенностью цели
1	2
Основная отличительная черта:	
- жесткая доминанта цели диктует задачи каждого этапа исследования.	- отсутствие доминанты единой цели при всех промежуточных шагах исследования.
Вытекающие из нее характерные черты:	
- сравнительно узкие рамки исследования, определяемые объектом изучения и характером поставленных задач;	- многомерное, максимально широкое пространство научного поиска, не стесненное фактором цели;
- наличие завершенных этапов внутри исследовательского цикла и четкой последовательности переходов между ними;	- сложное взаимопереплетение и взаимоналожение отдельных шагов и операций интеллектуального поиска;
- чаще всего исследователь не имеет статуса и не выполняет функции эксперта глобальных научных проблем;	- очень высокая роль исследователя в научном поиске и его влияние на процесс функционирования системы;
- цель, сформулированная в начале процесса интеллектуального поиска, выступает в конце его конкретным результатом;	- признание достигнутого результата конечным и положительным после определенного шага в исследовании, который и явится завершающим;
- научный поиск представляет собой замкнутый цикл от постановки цели до получения результата.	- характерна разомкнутость, открытость, «нецикличность» процесса научного поиска.

В заключение следует отметить, что интеллектуальные системы с начальной неопределенностью цели могут создаваться не только для решения научно-технических проблем, но и для поиска новых направлений в хозяйственной, производственной, образовательной и других сферах общественной деятельности. Основное достоинство интеллектуальных поисковых систем с неопределенностью цели заключается в том, что в них в наибольшей степени реализуется именно интеллектуальное – аналитическое, творческое начало «машинного мозга», а не только информационные и вычислительные функции. То есть предлагаемые системы в большей степени соответствуют определению «интеллектуальные», чем любые другие компьютерные системы сегодняшнего дня, используемые для целей научно-технического поиска. Более того, в составе системы компьютерный интеллект и интеллект исследователя образуют некий симбиоз, который в данном случае можно обоснованно назвать «интегральным интеллектом».

ЛИТЕРАТУРА

1. Колешко В. М. и др. Патент СССР на открытие № 395, приоритет 1988 г.
2. Колешко В. М. Изв. АН БССР, сер. физ.-мат. наук, 1976, № 6, с. 85 – 88. Kolesko V. M. 7th Intern. Vac. Congr. (Vienna 1977, p. 1871 – 1873).
3. Колешко В. М., Гулай А. В. и др. Патент РФ № 2064717. Оpubл. 27.07.1996 г., бюлл. № 21.
4. Колешко В. М. Умные машины и парадигма науки и образования. Сб. «Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств». Новополюцк, 2004, с. 77 – 85.