

## Когнитивная многомерность — основа синергизма интеллектуальной технологии поиска знаний

**В. М. Колешко,**

доктор технических наук, профессор, лауреат  
Государственной премии, заведующий кафедрой  
«Интеллектуальные системы»;

**А. В. Гулай,**

кандидат технических наук, доцент,  
лауреат Государственной премии;

**В. А. Гулай,**

преподаватель;  
Белорусский национальный технический  
университет

*Науки, связанные с вопросами обработки информации, исторически поставлены в начало процесса исследования и проектирования интеллектуальной, «разумной» техники для осуществления научного поиска. Глубокое осмысление методологических проблем формирования интеллектуальных технологий инженерии знаний позволит выбрать наиболее рациональные и продуктивные пути их практического, конструктивного воплощения. Поэтому концепции построения и тенденции развития интегральных человеко-машинных и интеллектуальных аппаратно-программных комплексов на основе использования новейших достижений информатики требуют тщательного и подробного анализа.*

Производительность компьютерного научного поиска во многом определяется теми же закономерностями, что и продуктивность мысли ученого, эффективность творческой деятельности вообще. Поиск нового знания с применением машинного интеллекта идет путями, направления которых обозначены человеческим разумом в процессе познания окружающей действительности. С учетом этого в анализе компьютерных поисковых систем целесообразно применение технологий и приемов исследования общеприродных явлений, оправдано привлечение социотехнических и психофизических аналогий [1]. Признание этих истин предопределяет изучение методологических принципов, на которых должны базироваться подходы к созданию интеллектуальных человеко-машинных комплексов. Важность осмысления обозначенной проблемы возрастает в связи с резким увеличением возможностей машинной организации знаний, вызванным созданием мощных суперкомпьютерных систем и глобальных информационных сетей.

В современной методологии науки становятся все более актуальными проблемы, касающиеся как рассмотрения и учета знаний в объеме многообразных когнитивных практик, так и поиска различных подходов к технологии формирования и использования многоаспектных знаний. Введение в научный оборот многовариантных знаний диктует создание адекватных методов и процедур синтеза их в рамках общей проблематики, построения на их основе обширных, всеобъемлющих гипотез. Значимость такого подхода к технологиям научного поиска обусловлена тем, что многомерность инновационного поискового процесса и многогранность формируемых знаний может привести к созданию теорий, объясняющих наиболее сложные явления окружающей действительности, и, соответственно, к более глубокому познанию мира.

При рассмотрении интеллектуальных технологий творческого поиска применимы самые общие варианты научного метода, в котором можно выделить следующие наиболее значимые для нашего рассуждения ступени: проведение необходимых наблюдений и поисковых экспериментов; выделение (абстрагирование) ключевых элементов полученных знаний как основы для гипотезы или теории; развитие, расширение гипотезы, теории с предсказанием новых эффектов и явлений; сбор новых фактов (начало следующего цикла творческого поиска), которые ревизируют (верифицируют) предсказания теории. С точки зрения развития научного метода анализируемая процедура автоматизации поискового процесса представляет собой, по существу, вариант интеллектуальной человеко-машинной среды, основные компоненты которой активно участвуют в формировании гипотез.

### **Значение принципа когнитивной многомерности знаний в технологии интеллектуального поиска**

В вопросах признания и понимания многомерного образа окружающего мира, в методологии изучения

природы, общества и человека на первое место выдвигается именно проблематика синтетического знания. Важность процесса синтеза знания повышается за счет того, что в последнее время не только происходит нетрадиционное философское осмысление известных практик когнитологии, но и интенсифицируются процессы формирования новых когнитивных практик. Настоятельный призыв к введению в научный оборот нетрадиционных форм знания, даже находящихся за привычной гранью рационализма, обусловлен тем, что некоторые научные результаты не находят объяснения в рамках традиционной рациональности. В связи с этим значительный интерес представляет рассмотрение в рамках методологии интеллектуальных систем принципа когнитивной многомерности знания, который вполне реализуем в технологиях компьютерного творческого поиска.

*Современное философское знание в своей целостности осознает недостаточность только научных познавательных методов и не связывает себя с каким-либо жестко определенным ограничением обобщающих процедур, применяемых для осмысления его предмета. Оно допускает введение в исследовательский процесс многих ненаучных познавательно-описательных областей, таких как искусство, религия, мораль и др., вплоть до эзотерических и иррациональных форм постижения действительности. Все эти познавательные процедуры так или иначе согласуются, сопрягаются с научными методами, так как только в этом случае достигается полнота постижения содержательности предмета изучения.*

В современной философии сформулированы методологические предпосылки синтеза различных когнитивных практик и использования опыта специальных эпистемологий: социальной, религиозной, моральной, экономической и др. Разделив все многообразие вариантов когнитивных практик на два типа (практики экзистенциально-антропологической и рассудочно-рациональной традиций), специалисты в области теории познания обозначили проблему их соотношения, взаимопроникновения и даже синтеза или, по меньшей мере, диалога [2]. Представляется, что диалог указанных традиций, синтез когнитивных практик, обобщение научных направлений в рамках интеллектуальной технологии позволит вооружить исследователя методом адекватного описания и объяснения существующей реальности.

Однако включение в область гносеологических интересов духовного, практического, донаучного типов знания, эпистемологическое переосмысление проблемы согласования рационального и иррационального не должны приводить к перекосам в понимании сбалансированности научного и вненаучного по-

знания. Отклонение от их адекватного соотношения, в частности уклон в сторону иррациональных форм и процедур, может активировать пренебрежение ролью и значением научного знания вообще. Отсюда вытекает важная задача определения и осуществления правильного сочетания собственно научных форм и методов познания с формами и методами вненаучного постижения материальной и идеальной реальности: эстетическими, этическими, религиозными, обыденными.

Одна из причин введения такого условия в реализацию интеллектуального поиска знаний и многомерные поисковые технологии заключается в следующем. Общество не может достаточно долго нормально существовать и устойчиво развиваться при отсутствии у него мировоззренческого фундамента восприятия мира и самопознания себя как органической включенности в этот мир. В противном случае притягательность мистического и иррационального постепенно возобладает над стремлением к объективно истинному постижению мира, создав у человека настроение неуверенности в своих силах, а значит, бесперспективности поиска смысла своего существования, бессмысленности борьбы за выживание.

Вопросы методологии многомерных интеллектуальных поисковых систем проецируются на ряд общих философских проблем, в том числе базирующихся на круге мыслей о поиске целостного знания. Целостность процесса познания основывается на технологиях синтеза и обобщения научных гипотез и теорий, на формировании истины путем извлечения знаний из различных источников и объединения их в рамках одной интеллектуальной модели, характеризующей изучаемый объект как целое со специфическим набором свойств. Об интеллектуальном моделировании объектов путем обобщения знаний из разных научных направлений и когнитивных практик можно говорить в разных смыслах, например, как о синтезе знаний на основе такого метода научного исследования, как генезис тринитарного сознания.

В самом общем случае тринитарный стиль познания заключается в мысленном соединении трех дополняющих друг друга сущностных сторон, свойств исследуемого явления в единое целое для наиболее полного описания объекта изучения. Современная парадигма формирования научного знания основывается на признании триады когнитивных, психологических и социальных факторов в развитии науки. Философская идея триадичности выражается общей семантической формулой, которая может быть представлена как «*рацио – эмоцио – интуицио*» [3]. В свою очередь замысел трехаспектного анализа знания опирается на богатый тринитарный опыт человечества. Так, в системных триадах, причем в каждом из ее компонентов, находящихся на одном уровне общности, доминирует одно из начал – аналитическое, качественное или субстанциональное.

В своей теории целостности знания великий русский философ В. Соловьев определяет цель познания как внутреннее соединение человека с истинно сущим, что органически вводит в познавательный процесс элементы нравственности [4]. По В. Соловьеву, в процесс познания включены три источника знания: опыт, разум и мистика. Причем эмпирическое и рациональное познание дает представление о внешней стороне познаваемого объекта, а суть явления постигается посредством познания, основанного на вере, через непосредственное восприятие абсолютной действительности (интуицию). Это и есть мистика как целостное знание, выраженное в теории великого философа в виде строгой системы логических категорий и отражающее чувство связи всего со всем. При этом мистическое знание, составляя «основу истинной философии» (определение В. Соловьева), рассматривается в неразрывной связи с феноменологическим (научным) знанием.

В трактате о философских началах целостного знания В. Соловьев, рассмотрев достаточно большое число триад, избегая их противоречивости, останавливается только на одной, содержащей три значимые категории: сущее, бытие, сущность. Поскольку целостность знания предполагает существование всего во всем, то в каждой из указанных категорий содержатся эти же три категории, но в другом виде: абсолютное, логос, идея. За внешней абстрактностью приведенных построений исследователи творчества философа видят безупречность представления целостности знания посредством взаимозависимости и взаимообусловленности выделенных категорий. Соотнесение каждой категории одной из этих триад с категориями другой триады также дает триадичное категориальное построение.

Целостность знания, формируемого в интеллектуальной среде, взаимосвязана с неопределенностью интеллектуального поиска, которая является отражением неопределенности науки [5]. С одной стороны, разрешение неопределенных ситуаций в интеллектуальном поиске способствует поддержанию и укреплению целостности в научном познании. С другой – стремление получить целостное знание приводит к расширению и углублению неопределенности научного поиска. Именно целостность свойств изучаемого явления позволяет продвигаться от выделения в поле исследования подсистем знания в виде беспрерывно меняющихся информационных образов к выявлению устойчивых, стабильных объектов анализа на каждом отдельном шаге научного поиска.

### **Базы знаний как основа формирования многомерного пространства интеллектуального поиска**

Проблема синергетического развития интеллектуальной поисковой системы становится более зримой, если ввести в рассмотрение вопрос о пространстве по-

иска знаний. В нашем исследовании пространство интеллектуального поиска – это динамичный объем знаний, который актуализируется в условиях функционирования интеллектуальной поисковой системы. Важнейшей функцией пространства интеллектуального поиска является введение получаемого массива знаний в контекст исследовательского движения, создание соответствующего фона для развития творческого процесса. При интеллектуальном формировании знаний проблема создания контекста выходит на передний план, так как в процессе поиска происходит интерпретация знаний из заполненного контекстом окружения в условиях конкретной изучаемой ситуации.

Успех поиска во многом зависит от умения исследователя формировать в интеллектуальной среде многомерные пространства поиска знаний, правильно распределять знания по конкретным пространствам, совмещать разнородные пространства. При этом пространство поиска знаний должно обладать рядом специфических «пространственных» свойств (размерность, упругость, проницаемость), позволяющих выполнять указанные процедуры по его модификации. Примером осуществления таких процедур может служить эффект оперативной развертки или свертки пространства интеллектуального поиска под влиянием внутренних или внешних воздействий. Необходимость динамического изменения топологии и метрики пространства появляется, в частности, при введении в рассмотрение знаний дополнительных когнитивных практик и научных направлений.

---

*Таким образом, формирование контекста поискового процесса в интеллектуальной среде – это создание необходимых предпосылок и условий продуктивной реализации интеллектуальных операций. Оно включает в первую очередь процедуры построения объемных баз данных и знаний из соответствующих научных направлений и когнитивных практик. Реализация указанных условий происходит путем введения баз знаний в непрерывно развивающийся интеллектуальный поиск, анализа автоматически формируемых гипотез в объеме интеллектуальной среды, корректирования поискового движения по результатам анализа полученных знаний, выявления продуктивных гипотез и значимых результатов поиска.*

---

Одна из наиболее эффективных технологий обозначения структуры знаний и построения баз знаний основана на использовании сети фреймов как абстрактных образов с некоторым определенным набором атрибутов, а также как формализованных моделей этих образов [7]. Замечательным свойством модели фрейма является ее универсальность, позволяющая представить все многообразие знаний о мире с помощью фреймов-структур, -ролей, -сценариев,

-ситуаций, использующихся для моделирования явлений, объектов, свойств, параметров, режимов. Когда в качестве незаполненных значений атрибутов (слотов) одних фреймов выступают имена других фреймов, формируется сеть фреймов, которая становится основой создания многомерной базы знаний. Получение слотами значений во фреймах одной сети может происходить из слотов, принадлежащих фреймам в сетях других когнитивных практик. Образование таких связей дает основание говорить о формировании многомерной структуры фреймов, в которой подсистемами являются отдельные сети фреймов.

Многомерная система фреймов при установлении связей между сетями различных когнитивных практик значительно расширяет функциональные возможности интеллектуальной поисковой системы. Так, одной из новых функций является перевод на язык знаний определенной когнитивной практики тех сведений, которые получены при проведении исследований в рамках других направлений поиска. Примером этого может служить использование практического знания экспертов в конкретной предметной области для формулирования теоретических задач научного поиска. Роль такого перевода практического знания особенно существенна также в развитии математических моделей и в расширении поля их инженерных приложений. Выполнение вышеуказанных функций позволяет обеспечить заимствование наиболее продуктивных идей во взаимовлияющих научных областях в процессе реализации интеллектуального поиска знаний.

За счет множественных связей между фреймами эффективно осуществляется функция интерпретации знаний, получаемых из разных когнитивных практик. Дело в том, что в процессе интерпретации широкого набора сведений реализуется способность понимать глубинную семантику циркулирующей в системе информации, отыскивать глубокий смысл в добываемых и регистрируемых фактах. Особенно велика роль интерпретации в ситуации ценностно ориентированной инновационной программы, на этапе ценностной ориентации поиска, когда цель деятельности интеллектуальной системы не является чересчур жесткой и изменяется в процессе исследования.

Место комплексных, многоплановых баз знаний в интеллектуальной поисковой технологии показано на упрощенной схеме реализации интеллектуального поиска (рис. 1). Успешность практического осуществления каждого из указанных этапов интеллектуального творческого поиска соотносится с интеллектуальными свойствами исследователя как активного компонента поисковой среды. В модели функционирования интеллекта такие его основные аспекты, как конвергентные и дивергентные способности, обучаемость

и познавательные стили, характеризуют интеллектуальные способности исследователя и оказывают существенное влияние на результативность поискового процесса [6].



Рис. 1. Структура интеллектуальной технологии поиска знаний в условиях когнитивной многомерности

В интеллектуальной человекомашинной среде функции поиска новых знаний разделены между исследователем и компьютером, но при этом ведущая роль в развертывании интеллектуального поискового процесса принадлежит человеку. Прерогативой исследователя в интеллектуальной среде является формирование баз знаний, выбор направления исследований, постановка цели поиска и оценка его результатов. Предпочтения исследователя обуславливают выбор важнейших атрибутов научного поиска в интеллектуальной системе и, соответственно, предопределяют эффективность исследовательского процесса. Поэтому при получении и интерпретации многоаспектных, многовариантных знаний большое значение имеют не только творческие способности и научная компетентность исследователя, но и другие его социально-психологические качества (нравственная позиция, приверженность вере, склонность характера).

*Синтез, наполнение и обогащение гипотез остаются основной технологической операцией научного поиска, активными участниками которой являются оба компонента интеллектуальной среды – человек и машина. Асимметрию в процесс их тесного взаимодействия на данном этапе поиска вносит необходимость выбора, предпочтения той или иной гипотезы или теории, право на который (т. е. выбор) остается за исследователем. При этом интеллектуальная среда в полной мере использует возможности традиционных логических, статистических, аналитических методов, а также аппарата экспертных систем по наращиванию знаний о свойствах объекта исследования.*

В таком варианте представления интеллектуального поиска знаний компьютерные методы переходят из разряда вспомогательных процедур (хранения информации, аналитического моделирования) в состав основных исследовательских технологий, участву-

ющих в формировании гипотез и, в определенном смысле, доминирующих над другими методиками исследования (например, теоретическим расчетом, проведением эксперимента).

**Синергетическая модель процесса преобразования знаний в многомерной интеллектуальной системе**

Развитие знания на основе синтеза, обобщения разных научных направлений и когнитивных практик рассматривается в эпистемологии интеллектуальных поисковых систем как результат синергетических процессов. Введение синергетической парадигмы в данном случае опирается на общую особенность сложных систем, заключающуюся в том, что в неравновесных условиях система начинает реагировать на факторы, которые в равновесном ее состоянии выступают по отношению к ней как индифферентные. В современной философии особо отмечается опыт изучения знания и познавательной деятельности на основе синергетического подхода: «...возникли и возникают различные практики когнитологии с ее сценариями, ситуационными моделями и фреймами; наконец, происходит осмысление когнитивных феноменов в контексте синергетики» [2].

Синергетическая стилевая тенденция связана с разработкой нелинейных методов исследования и изучением свойств нелинейности объектов живой и неживой природы и социальных явлений. Понятие нелинейности рассматриваемых интеллектуальных систем тождественно положениям, указывающим на следующие их особенности: зависимость свойств таких систем от происходящих в них необратимых процессов; зависимость результата каждого из воздействий на данную систему от наличия другого влияющего фактора; способность системы претерпевать сильные изменения в результате слабых внешних воздействий. При этом предполагается также, что сложность изучаемой системы выше некоторого определенного уровня, а сама система является незамкнутой и неравновесной.

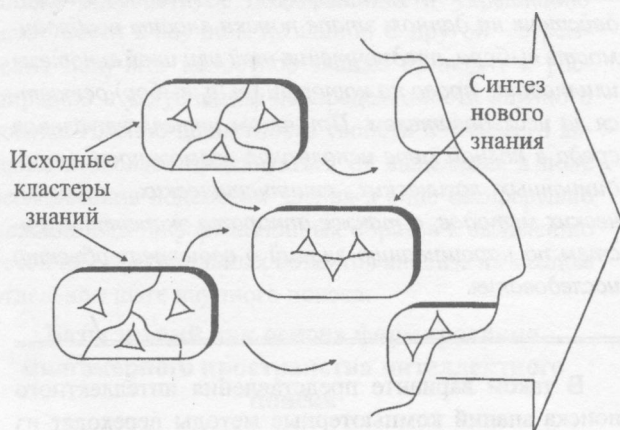


Рис. 2. Фрактально-синергетическая модель интеллектуального поиска в условиях когнитивной многомерности

С учетом нелинейности творческого поиска в интеллектуальной среде процедура развертывания научного исследования представляется в виде процесса взаимодействия активных фрагментов знаний с образованием новых кластеров знаний (рис. 2). При построении аналитической модели синергизма интеллектуальной системы предполагается, что один субкластер (фрагмент знаний) из определенного когнитивного направления взаимодействует с одним субкластером из другого направления для образования нового кластера знаний [8]. В процессе моделирования установлено, что уровень синергизма при взаимодействии знаний разных когнитивных практик зависит как от соотношения количества кластеров, введенных из этих практик в процесс синтеза, так и от числа активных субкластеров, участвующих в создании новых знаний.

Нелинейность интеллектуальных систем как одно из основных свойств, исследуемых синергетикой, обуславливает поливариантность самоорганизационных процессов в системах. Самоорганизация нелинейной динамической системы в данном случае понимается как возникновение в ее объеме хаоса со скрытым порядком, характеризуемым структурами фрактального типа, на основе которых возможен вероятностный прогноз состояний системы. В рамках нелинейной парадигмы в качестве решающих факторов эволюции интеллектуальных систем рассматриваются случайные флуктуации, которые при анализе линейных систем интерпретируются как внешние и несущественные помехи и которыми обычно пренебрегают. Поливариантность протекания процессов интеллектуальной обработки знаний предполагает наличие различных форм самоорганизации системы, а также альтернатив ее эволюции.

В одних и тех же условиях функционирования интеллектуальной поисковой системы возникают разные пути ее эволюции, причем это происходит как результат саморазвития внутренних процессов в ней. В этом отношении эволюционный процесс в интеллектуальной системе предстает как своего рода фрактальное, стохастическое блуждание в поле путей поиска знаний. Стохастизм интеллектуального процесса усиливается фактором неопределенности цели научного поиска, который обостряет такие характерные особенности решаемой неформализованной задачи, как неоднозначность и неполнота исходных данных о предметной области, динамически изменяющиеся знания в объеме стоящей задачи, относительно большая размерность пространства научного поиска [5].

Создание неравновесных условий функционирования интеллектуальной поисковой системы возможно путем задействования многочисленных факторов, важнейшим среди которых является вовлечение в поисковый процесс знаний различных когнитивных практик и научных направлений. Неравновесное со-

стояние интеллектуальной системы обуславливается также введением достаточно большого количества разнообразных баз знаний и баз данных, использованием сложных и разветвленных компьютерных алгоритмов и программ, реализацией широкого набора исследовательских способов и методик. Можно сказать, синергетический подход к развитию интеллектуальной системы научного поиска не только учитывает принцип когнитивной многогранности знаний, но и базируется на когнитивной многомерности интеллектуальной технологии.

Переход интеллектуальной системы в неравновесное состояние устанавливает когерентность знаний: так, знания, взятые из различных научных областей и когнитивных практик, в процессе взаимодействия начинают образовывать достаточно тесные связи, причем по мере удаления от состояния равновесия системы когерентность взаимовлияния знаний в огромной степени возрастает. Вдали от равновесия каждый кластер взаимодействует со всей системой знаний в целом и, соответственно, влияет на поиск итогового решения изучаемой проблемы. Можно сказать, что конечное число кластеров (ограниченный объем знаний) демонстрирует когерентное поведение, несмотря на их случайный набор и разнообразную внутреннюю организацию кластеров.

Таким образом, в интеллектуальной системе поиска знаний, находящейся в неравновесном состоянии, проявляются дальнедействующие корреляции, и система начинает вести себя как целое. Разнородные знания, полученные из разных когнитивных практик, перестают быть независимыми, обособленными, отчужденными друг от друга, появляется согласованный ансамбль, единая система взаимосвязанных (взаимозависимых и взаимовлияющих) знаний. Указанные процессы приводят к тому, что предположения и версии разной степени правдоподобия перестраиваются, сближаются, поглощаются друг другом, в результате чего часть из них исключается из рассмотрения. Это приводит к значительному уменьшению числа степеней свободы в интерпретации фактов и сведений, т. е. к упорядочению формирующейся системы знаний в интеллектуальной среде.

Фундаментальным механизмом, обеспечивающим реализацию нелинейности развития интеллектуаль-

ных систем научного поиска, выступает в синергетике совокупность бифуркационных явлений. Наличие точек бифуркации означает, что данная система в неравновесном состоянии достигает так называемого порога устойчивости, за которым для системы открывается возможность нескольких различных направлений развития. В нашем рассмотрении точки бифуркации – это, скорее всего, критические моменты научного исследования, когда накопившийся достаточный объем знаний или достижение некоторого промежуточного результата предопределяет поиск новых отправных пунктов для дальнейшего развертывания творческого процесса с привлечением другого набора сведений и методов их обработки. В качестве точки бифуркации рассматривается также момент установления ошибочности движения в определенном направлении в интеллектуальной среде, когда необходим возврат к одному из предыдущих этапов научного поиска.

### Список литературы

1. Колешко, В. М. Эпистемология интеллектуальных систем научного поиска / В. М. Колешко, А. В. Гулай, В. А. Гулай // Вестн. БНТУ. – 2009. – № 4. – С. 87–99.
2. Микешина, Л. А. Философия познания. Полемиические главы / Л. А. Микешина. – М.: Прогресс-Традиция. 2002. – 624 с.
3. Михайлова, Н. В. Психологические интенции тринитарного стиля философско-математического мышления / Н. В. Михайлова // Выш. шк. – 2007. – № 2. – С. 38–42.
4. Соловьев, В. С. Собрание сочинений: в 10 т. / В. С. Соловьев. – 2-е изд. (без даты).
5. Колешко, В. М. Значение фактора неопределенности цели в интеллектуальных технологиях научного поиска / В. М. Колешко, А. В. Гулай, В. А. Гулай // Вестн. БНТУ. – 2008. – № 6. – С. 72–80.
6. Холодная, М. А. Психология интеллекта. Парадоксы исследования / М. А. Холодная. – СПб.: Питер, 2002. – 272 с.
7. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер. 2000. – 384 с.
8. Колешко, В. М. Саморазвивающаяся интеллектуальная система поиска знаний: синергетическая парадигма / В. М. Колешко, А. В. Гулай, В. А. Гулай // Теоретическая и прикладная механика: межведомствен. сб. науч.-метод. ст. – Минск: БНТУ, 2009. – Вып. 24. – С. 44–57.

### РЕЗЮМЕ

Проанализирован принцип когнитивной многомерности знаний как основа синергизма интеллектуальной технологии творческого поиска. Рассмотрены особенности процесса синергетического развития интеллектуальной поисковой системы в условиях когнитивной многомерности. Представлены задачи и функции баз знаний в создании синергизма многомерной интеллектуальной технологии.

### SUMMARY

The principle of cognitive knowledge multiplicity has been analyzed as the basis of synergism of the creative search intellect technology. Peculiar features of the process of the intellectual searching system synergetic development have been considered under conditions of the cognitive multiplicity. Tasks and functions of knowledge bases in establishment of synergism of the multiple intellect technology have been presented.