

Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2006 (25-28 сентября 2006г., Обнинск): Труды конференции. В 3-т. Т.3. -- М.: Физматлит, 2006. С. 1031-1046.
http://qai.narod.ru/Workshop/grigoriev_cai2006.pdf

УДК 007:519.816

МЕТОДЫ ПОИСКА НОВЫХ РЕШЕНИЙ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР

А.В. Григорьев¹

Рассматриваются вопросы поиска новых решений в специализированной оболочке для построения интеллектуальных САПР. Описывается специфика процесса поиска новых решения, связанная с используемой моделью САПР и выбранным методом представления знаний. Проводятся аналогии с эволюционным моделирование, рассматриваются общие и отличные черты.

Введение

В настоящее время существует целый набор методов поиска новых решений, т.е. методов изобретения. Они отличаются сложностью, уровнем комплексности, степенью автоматизации, спецификой применения. Существует два основных класса таких методов. Это - "классические" методы изобретения новых решений, где можно назвать эвристические [Буш, 1979, Бирюков, 1982, Джонс, 1986, Столяров, 1988, 1989, Андрейчиков, 1998], машинные методы автоматизации поиска новых решений [Андрейчиков, 1998, Альтшулер, 1973, 1979, 1982], и - "неоклассические", представленные интеллектуальными методами поиска новых решений [Holland, 1994, Wong, 1999, Вороновский, 1997, Курейчик, 2002, 1999, Скобцов, 2004, Григорьев, 2003а, 2003б]. Все данные методы составляют основу решения задачи поискового конструирования в САПР [Половинкин, 1981]. "Классические" подходы давно сложились в комплексные технологии, имеющие соответствующие программные средства поддержки. Среди них можно назвать такие известные и устоявшиеся технологии, как ТРИЗ, АРИЗ [Андрейчиков, 1998, Альтшулер, 1973, 1979, 1982] и т.д. Среди современных,

¹Украина, 83000, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, grigorie@r5.dgtu.donetsk.ua

"неоклассических" методов наиболее развитым методом поиска новых решений является генетические алгоритмы (ГА) или метод эволюционного моделирования [Holland, 1994], составляющий раздел теории искусственного интеллекта. Следует отметить перспективность данного метода, широту возможностей и высокую эффективность. В настоящее время существует большое число публикаций [Wong, 1999, Вороновский, 1997, Курейчик, 2002, 1999, Скобцов, 2004, Григорьев, 2003а, 2003б], посвященных применению данного метода в различных предметных областях. Соответственно, ГА поддерживаются рядом программных пакетов разнообразного назначения. Однако проблема создания более эффективных методов поиска новых решений актуальна и в наше время.

Следует отметить, что в настоящее время бурно развивается новый класс программных систем - инструментальные интеллектуальные оболочки [Тарасов, 1993, Валькман, 1998], имеющие свои особенности, что накладывает свою специфику на возможные способы поиска новых решений. Например, инструментальные оболочки для создания интеллектуальных САПР [Валькман, 1998, Григорьев, 2003в] являются естественным местом приложения методов поиска новых решений. Однако, такие системы требуют не только механического использования "классических" и "неоклассических" методов поиска решений, но и их модификации, а так же решения ряда новых задач поиска новых решений, что связано с особенностями функционирования таких систем и спецификой форм представления знаний о объектах. В подтверждение, например, можно сослаться на [Валькман, 1998]. Соответственно, данные модификации и новые методы позволяют повысить эффективность процессов поиска решения. Т.о., если раньше прослеживалась тенденция "создание нового метода изобретения -> создание соответствующих средств программной поддержки", то тут ситуация изменяется на противоположенную, т.е. потребности программного комплекса должны быть обеспечены созданием более эффективных средств поиска новых решений. Важной особенностью тут является учет данными методами форм представления знаний - продукционные, фреймовые, формально-логические и т.д.

В работах [Григорьев, 2003в, 2001а, 2001б, 2005а, 2002а, 2002б, 1999, 1996] автором предложен новый метод поиска новых решений, ориентированный на использование в технологии специализированных инструментальных программных оболочках для создания интеллектуальных САПР - мета-эвристической оболочки (МЭО). Его особенностью является решения новых задач изобретения, возникающих из особенностей процесса функционирования интеллектуальной оболочки, а так же - новых способов изобретения, возникающих из специфики используемых в оболочке методов представления знаний об объектах.

Цель статьи: классифицировать все положения данного метода, найти место данному методу в ряду существующих методов, определить его достоинства и недостатки с точки зрения других методов.

1. Анализ основных положений существующих методов поискового конструирования

1.1. Анализ классических методов изобретения

Рассмотрим кратко наиболее типичные эвристические и машинные методы изобретения, составляющие "классические" методы изобретения. Среди эвристических методов можно назвать, например, такие методы:

- 1) фокальных объектов (перенос на объект изобретения свойств случайных слов-понятий),
- 2) гирлянд случайностей и ассоциаций (поиск новых идей на стыке случайных слов, или слов - ассоциаций, разделяющих случайные слова),
- 3) эмпатии ("вживание" в образ объекта изнутри),
- 4) оператор РВС (изменение размеров объекта во времени и пространстве от "0" до бесконечности),
- 5) морфологического ящика (создание пространства поиска решений путем перебора всех возможных значений всех признаков объекта изобретения),
- 6) контрольных вопросов по Осборну, Эйлоарту (наталкивание пользователя на требуемое решение, продвигая его по некоторому известному успешному пути),
- 7) мозгового штурма (разделение процессов генерации идей и их анализа) и т.д.

Недостаток эвристических методов - ненаправленность, хаотичность процесса поиска нового решения. Для преодоления недостатков эвристических методов был разработан комплекс методов машинного ПК. Машинные методы изобретения, как правило, предполагают упорядочивание всех эвристических методов в некоторую цепочку, технологию, алгоритм. Роль ЭВМ состоит в том, что с ее помощью автоматизируются такие действия:

- 1) Работа с базой данных для хранения, поиска найденных вариантов решений, физических эффектов, контрольных вопросов и т.д.;
- 2) Организации диалога "система - пользователь", отработка заложенной технологии изобретения.

Например, можно назвать такие машинные методы: 1) Обобщенный эвристический алгоритм; 2) Метод И-ИЛИ-дерева; 3) Стратегия АРИЗ (ТРИЗ) и т.д. *Метод И-ИЛИ-дерева* предполагает выбор некоторого числа описаний объектов и группирование их признаков в виде И-ИЛИ-дерева. Полученное дерево позволяет строить намного больше объектов, чем имелось при первоначальном выборе, поскольку становятся возможными ранее не существовавшие комбинации признаков. *Обобщенный эвристический алгоритм* включает в себя практически все

эвристические методы и представляет собой цепочку взаимосвязанных действий, например: создание множества комбинаций признаков, определение пути движения к цели по методу контрольных вопросов, внесение случайных решений, поиск ассоциаций и т.п. *Стратегия АРИЗ (ТРИЗ)* является вариантом обобщенного эвристического алгоритма, отличающимся прямой ориентацией на программный продукт. Стратегии автоматизируют на ЭВМ ряд стандартных действий, работая при этом под управлением пользователя. Недосток машинных методов - громоздкость, большая нагрузка на пользователя, отсутствие четких критериев выбора оптимального, т.е. лучшего решения.

1.2. Анализ основных положений метода эволюционного моделирования

Недостатки "классических" методов поиска новых решений отсутствуют в методе эволюционного моделирования. Достоинство этого метода состоит в автоматизации процесса изобретения, отсутствии участия пользователя в самом процессе изобретения. При этом за пользователем остается определение правил игры, т.е. правил процесса изобретения. Метод имеет явно выделенный этап задания критерия оптимальности решения. Основу ГА составляют:

1. Понятийный аппарат биологии;
2. Способы передачи генетической информации в череде поколений;
3. Идея о преимущественном размножении наиболее приспособленных особей (речь идет о количестве потомков);
4. Идея коллективного поиска экстремумов при помощи популяции особей.

ГА условно можно отнести к оптимизационным методам. Так же имеется некоторая целевая функция. Поиск оптимального решения происходит последовательно путем передвижения от одной популяции к другой. При переходе к новой популяции с помощью генетических операторов (мутация, кроссовер, инверсия и т.п.) изменяется генетический аппарат популяции (для некоторого подмножества особей). С помощью целевой функции (фитнес-функции) отсекаются слабо приспособленные особи и преимущественно размножаются приспособленные. Однако, преимущественное право сильнейших на размножение носит не абсолютный, а вероятностный характер. Для каждого уровня целевой функции имеется свой коэффициент размножения, определяющий вероятность появления того или иного числа потомков у данной особи. Через конечное число шагов популяция должна прийти в оптимальное состояние. Т.о., оценивается приспособленность к данным условиям популяции в целом. Имеется соответствующий способ кодирования генов, ориентированный на применение генетических операторов (код Грея). Рассматриваются диплоидные и гаплоидные популяции (одна или две хромосомы,

хранящие признаки организма), доминантные и рецессивные гены и т.п. Главные недостатки ГА:

1) Нет четких методов организации связи генотипа и фенотипа, т.е. всегда существует проблема, как по набору генов выполнить построение модели объекта;

2) Нет общей методики построения фитнес-функции, включая как общие правила, неизменные для любой задачи, так и специфические, отражающие зависимость от задачи проектирования и природы объекта изобретения;

3) Размер, структура хромосом, состав генов для данной задачи фиксирован, т.е. ГА есть закрытая система и не учитывает возможной динамики модели объекта.

2. Базовые принципы построения МЭО

МЭО построена на базе двух принципов:

1) Использование в качестве базовой модели САПР теории сложности систем автоматизированного проектирования (ТС САУ) [Солодовников, 1990], являющейся моделью САПР решения типичных задач проектирования;

2) Наличие двух принципиально разных режимов работы, ориентированных либо на создание нового САПР в среде самой оболочки, либо на создание интеллектуальной надстройки над уже существующим САПР.

Рассмотрим влияние двух этих принципов на постановку и методы решения задачи поиска новых решений в МЭО.

2.1. Анализ задачи изобретения в модели САПР типичных задач проектирования, заданной ТС САУ

Задача изобретения в ТС САУ имеет такой смысл. ТС САУ предполагает наличие двух множеств: 1) Целевого пространства систем (ЦПС), включающего известные типичные решения (прототипы); 2) Пространства обликов систем (ПОС), включающего все возможные технические задания (облики). Пара ЦПС - ПОС подчиняется принципу реализуемости, т.е. всякому ТЗ из ПОС должно соответствовать хотя бы одно решение (прототип) из ЦПС. Если нет такого соответствия, то предполагается доизобретение новых решений, соответствующих невостребованным ТЗ. Таким образом, в паре ЦПС - ПОС именно ПОС доминирует над ЦПС в плане поиска новых решений, т.е. пополнение ПОС новыми ТЗ требует изобретения новых решений в ЦПС. Такой порядок соответствует обычному пути поискового проектирования, когда встающие новые требования (ТЗ) предполагают изобретение нового решения. В предлагаемом автором подходе изменен порядок доминирования, т.е.:

- пополнение ЦПС новым типичным, апробированным решением запускает процесс обучения базы знаний с целью

автоматизировать ввод и других возможных решений, близких к данному решению и имеющих смысл:

- т.о. требуется доизобретение ряда новых решений, являющихся комбинацией признаков как нового решения, так и всех старых решений;

- при этом пополнение ПОС соответствующими ТЗ как для вводимого прототипа, так и для вновь изобретенных решений может производиться как автоматически, так и с помощью пользователя - эксперта в предметной области.

Смысл такого подхода состоит в автоматизации обучения САПР методикам проектирования сложных объектов, представленных небольшим числом апробированных на практике решений - прототипов. Т.о., именно пополнение ЦПС вызывает изменение ПОС. Следует отметить, что "старый" подход к пополнению ЦПС и ПОС и собственно изобретению, принятый в исходной ТС САУ, не отвергается и может быть реализован обычными методами изобретения, что, впрочем, и предполагалось авторами ТС САУ. Следовательно, необходимо расширение модели ТС САУ, которое диктуется именно построением САПР как интеллектуальной системы, способной к обучению. Т.о., созданием рассматриваемых нами методов изобретения решалась задача, связанная со спецификой формы представления знаний в МЭО, т.е.:

- 1) Необходимым расширением модели САПР решения типичных задач проектирования, заданной в ТС САУ, для класса интеллектуальных САПР, способных обучаться методикам проектирования на базе прецедентов;

- 2) Обучением БЗн САПР методикам проектирования на ограниченном числе моделей сложных объектов, составляющих типичные решения - прототипы.

2.2. Особенности процесса функционирования и специфика представления моделей в МЭО, определяющая специфику методов изобретения

Как было сказано, данная оболочка предполагает два режима работы: 1) создание нового интеллектуального САПР в среде самой оболочки; 2) создание интеллектуальных надстроек над существующими САПР. Специфика условий, в которых осуществляется процесс поиска новых решений, в каждом случае определяется наличием "собственного" или "чужого" по отношению к МЭО языка представления моделей объектов. Общее в условиях двух случаев:

- ориентация на формальные языки представления моделей;
- отсутствие ориентации на конкретную предметную область проектирования;

- проектирование сложных технических объектов;
- использование модели САПР решения типичных задач проектирования, носящей наименование ТС САУ;

- возможность решения задачи реконструкции [Григорьев, 1996].

Отличия условий функционирования двух режимов таковы:

1) Проектирование для "чужих" САПР, имеющих свой формальный язык описания моделей:

- неизвестная семантика и грамматика языка представления моделей на "чужой" САПР;

- представление знаний в форме контекстно-свободных порождающих грамматик с определенными над ними дополнительными продукциями, определяющими логику проектирования.

2) Проектирование на базе "собственного" внутреннего языка представления моделей в среде МЭО:

- известная семантика и грамматика языка представления моделей в "собственной" САПР;

- физическая модель объекта проектирования, принятая в среде МЭО;

- "связь" как средство синтеза структуры объекта;

- использование для поиска новых решений совокупности фрагментов прототипов, заданных как списки связей.

Специфика избранной модели САПР и особенности режимов функционирования оболочки потребовали создания следующих методов поиска новых решений.

3. Краткое описание методов поиска новых решений, принятых в МЭО

Рассмотрим суть подходов в двух различных режимах функционирования оболочки. Суть подхода в этом случае одна и та же:

1) Имеются тексты описания моделей на некотором формальном языке; грамматика может быть как известной, так и - неизвестной;

2) Имеется семиотическая база знаний о множестве решений, составляющих пространство типичных решения. БЗн представляет собой порождающую контекстно-свободную грамматику (ПКСГ), над которой определены дополнительные продукции, задающие только имеющие смысл комбинации признаков (альтернатив), прописанных в ИЛИ-узлах; ИЛИ-узлы обеспечивают выбор требуемого решения по заданному ТЗ; ТЗ - это подмножество значений ИЛИ-узлов [Григорьев, 2002а, 2002б];

3) На выходе после синтеза получается один или несколько текстов, т.е. полных описаний модели;

4) Можно избобрести новые решения, соответствующие значениям запрещенных ранее комбинаций значений признаков;

5) В полученном пространстве возможных решений можно удалить те из них, которые не отвечают ограничениям (технологическим, семантическим и т.д.) [Григорьев, 2001б].

Результат выполнения теоретико-множественных операций над совокупностями "обобщенных" связей (далее - просто связей), образующими данные прототипы, составляет ряд подмножеств @j, определяющих некоторые части внутренней среды прототипов. При этом:

$$P_1 = @1 \& @2; P_2 = @1 \& @2 \& @3; P_3 = @2 \& @3;$$

$$@1 = 5; @2 = 1 \& 2 \& 3 \& 4; @3 = 6 \& 7 \& 8 \& 9 \& 10.$$

Тут 1,2... - сквозные номера оригинальных связей, определенные в пределах всего типа блоков. Преобразуем множество прототипов А к форме И-ИЛИ-дерева:

$$A = (P_1 \vee P_2 \vee P_3) = @2 \& N1; N1 = @1 \vee @3 \vee N2; N2 = @1 \& @3.$$

На рис. 2 изображено полученное И/ИЛИ дерево. В скобках показаны номера прототипов, входящих в данную вершину, числами заданы номера связей, стрелками показан порядок декомпозиции узлов.

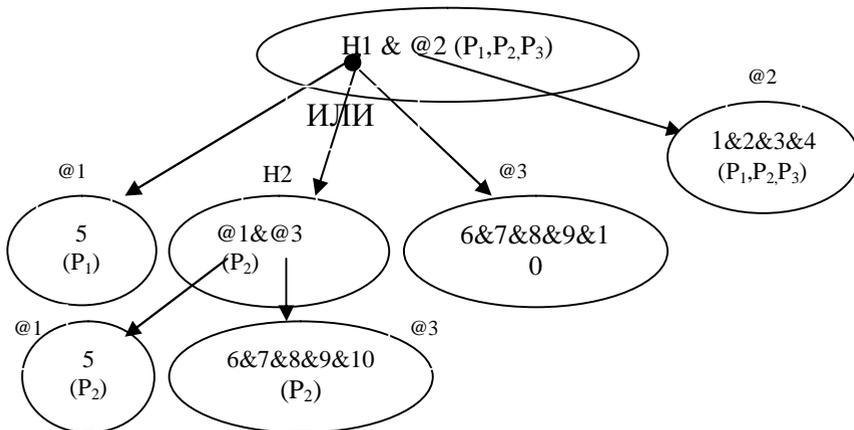


Рисунок 2 - Форма И-ИЛИ-дерева

Номера прототипов в вершинах неявно задают продукционные зависимости для ИЛИ-узлов, используемые при выводе с целью синтеза (выбора) необходимых прототипов в САПР. Семантика зависимостей такова: "если в данном ИЛИ-синтерме (узле) удалить вариант (признак), включающий прототип К, то прототип К должен быть удален во всех прочих узлах". С учетом названных зависимостей А может быть определен как идентификатор модуля знаний о структуре внутренней среды объектов типа А.

Общий подход к синтезу гипотез предполагает, что автоматически формируется декартово произведению всех составляющих всех ИЛИ-синтермов, входящих в И-ИЛИ-дерево. Увеличение числа вводимых прототипов ведет к возникновению все большего числа частей блоков и фрагментов. Можно сделать выводы, что:

Для примера, перечислим некоторые ограничения: Т1) Удаление "старых" прототипов из новой совокупности; Т2) Удаление слишком "сложных" для понимания прототипов; Т3) Контроль наличия "системообразующего" набора связей; С1) Полное отсутствие недоопределенностей в прототипах; Д1) Наличие нижнего граничного уровня достоверности, ниже которого не имеет смысл рассматривать вновь "изобретенные" прототипы и т.д.

3.2. Проектирование для "чужих САПР" с целью создания интеллектуальных надстроек.

В этом случае вносятся следующие отличия в подход, изложенный выше для проектирования собственной интеллектуальной САПР:

- Рассматриваются просто тексты описания модели на некотором формальном языке представления моделей;
- Синтаксис и семантика "чужого" языка считаются либо вовсе неизвестными, либо известными частично, либо известными полностью;
- Минимальный уровень знаний о языке - разделение комментариев и собственно текста модели.

Отличие синтеза состоит в том, что синтезируется не список связей, а текст в исходном виде, т.е. этап синтеза полной модели по списку связей отсутствует. Изобретение в данном случае возможно на основе компоновки различных фрагментов формальных описаний. Однако в случае известного или малоизвестного синтаксиса и семантики языка практически невозможно автоматически отследить достоверность полученных решений. В этом случае необходим эксперт, способный проверить синтаксическую и семантическую правильность полученных новых решений. В случае хорошо известного синтаксиса необходима полная грамматика данного языка, обеспечивающая построение системы модулей знаний о тех или иных фрагментах описания, имеющих различный смысл. Более детально данный подход изложен в [Григорьев, 2005б, 2005в].

3.3. Общий вывод по главе

Необходимо:

- 1) Сопоставить данный подход к изобретению новых решений с существующими методами изобретения, на предмет поиска места предложенного метода в ряду других методов поиска новых решений;
- 2) Найти отличия, определить эффективность, выявить новые положительные черты, заложенные в методе.

4. Определение места предложенного метода в ряду других методов поиска новых решений

Следует признать, что предлагаемый метод является комплексным и включает в ряд положений многих из уже известных методов. Рассмотрим детально все его положения в сравнении с прочими методами.

4.1. Сравнение предлагаемого метода и "классических" методов изобретения

Следует признать, что предлагаемый метод в двух его модификациях в какой то мере является комплексным и включает в себя ряд модификаций известных методов. Метод изобретения на базе "собственного" или "чужого" внутреннего языка представления моделей включает в себя:

- метод И-ИЛИ-дерева, которое строится автоматически [Григорьев, 2002б] на основе склеивания формальных описаний объектов с группированием их признаков в виде "И" и "ИЛИ"-узлов;

- система ограничений, включает в себя отсечение "старых", известных вариантов, что свойственно практически всем "классическим" методам;

- решения вначале синтезируются, а уже потом анализируются и т.д.

Однако, названные методы имеют и ряд принципиальных отличий, не использованных ранее:

- использование принципа неразрывного существования признака и самого объекта;

- синтез решений - моделей объектов по совокупности связей;

- наличие способа отсечения "плохих" решений по набору "системообразующих" признаков и т.д.

Т.о., имеет место использование старых идей в новой интерпретации и использование ряда новых идей, связанных с новой моделью объекта и использование логического вывода в процессе поиска новых решений.

4.2. Интерпретация предложенного метода с помощью понятий метода эволюционного моделирования

Следует так же признать близость предлагаемого метода в части поиска новых решений для "чужих САПР" с методом генетических алгоритмов. Данная близость состоит в том, что ряд положений предлагаемого метода может быть интерпретирован через метод ГА. В частности возможна следующая интерпретация положений описываемого метода с точки зрения положений ГА.

1) Совокупность признаков, т.е. ИЛИ-узлов в ПКСТГ составляет основу для представления генов; хромосома - это набор признаков, как значений генов; значение гена - номер альтернативы в ИЛИ-синтерме; в этом случае набор значений генов (генотип) полностью определяет модель объекта, его описание (фенотип);

2) Пространство поиска решений это - все возможные комбинации значений генов; над ними определяется набор ограничений, сужающих вероятность размножения данной хромосомы от 1 до 0 (выброс из рассматриваемого);

3) Начальная популяция - это ряд типичных (известных, апробированных, достоверных) решений;

4) Итоговая популяция - это расширенная за счет изобретения новых решений исходная популяция; т.е. это все то же множество типичных решений, но расширенное новыми решениями;

5) Полученное таким образом множество решений (популяция) позволяет решать задачу выбора типичного решения по заданному ТЗ;

6) Фитнес-функция здесь - это: А) система ограничений, отсекающих решения из нового набора (популяции); Б) ТЗ, определяемое над итоговой популяцией, позволяющее выбрать один или несколько решений, подходящих для целей нашей задачи проектирования; Однако вариант "Б" не имеет отношения к изобретению;

7) Полученное решение как совокупность значений генов (генотип) позволяет построить полное описание полученного решения (фенотип);

Процесс создания комбинаций из общих и оригинальных частей моделей, заданных списками связей, можно рассматривать с различных, альтернативных точек зрения. Например, их можно рассматривать как:

- Процесс создания пространства поиска новых решений;
- Разовое выполнение комплекса модифицированных генетических операторов (кроссовер, мутация и т.д.) для создания новой популяции решений, более широкой, чем исходная популяция, включающей уже не только известные достоверные решения, но и новые, неизвестные ранее решения.

Т.о., можно сделать вывод, что:

1) Система ограничений, отсеивающая "плохие" решения, есть фитнес-функция, определяющая "приспособленность" особей в популяции;

2) Итоговая популяция, включающая только "хорошие" новые решения, и есть цель работы алгоритма; т.е. конечная популяция - это - не та, где есть лучшее (искомое) решение, а та - где все решения - искомые.

4.3. Определение недостатков и достоинств данного метода по отношению к ГА

Вывод по интерпретации:

1) Интерпретация возможна, т.е. данный метод может быть рассмотрен как вариант метода ГА;

2) Имеются отличия, которые необходимо классифицировать;

3) Необходимо определить достоинства и недостатки данного метода в сравнении с ГА.

Отличие предлагаемого метода от генетических алгоритмов:

1) Популяция имеет не фиксированный, а переменный во времени размер;

2) Задача имеет три этапа: А) формирование требуемой новой популяции; Б) выбор из нее ряда требуемых решений, соответствующих ограничениям; В) Привлечения эксперта для оценки полученных решений и выбора подмножества достоверных. Соответственно, число популяций, как этапов изобретения, фиксировано, а отыскивается не одно решение, как в ГА, а множество;

3) Соответственно для этапов "А" и "Б" имеется два специфических вида фитнес-функций; фитнес-функция этапа "В" - не формализуется.

4) С введением нового прототипа процесс повторяется; популяция, состав хромосомы по генам и значения генов - меняются, т.е. - это открытая система, а не закрытая, как в ГА.

Недостатки подхода с точки зрения полноты средств, имеющихся в ГА:

1) Данный метод является более узким, чем ГА; Т.е. он решает более узкую задачу, имеющую свою специфику, но он соответствует данной задаче;

2) Т.о., данный метод можно рассматривать как модификацию ГА, ориентированную на специфическую задачу.

Достоинства с точки зрения ГА, состоят в том, что преодолены главные недостатки ГА:

1) Имеется прямая связь генотипа и фенотипа, т.е. ясно, как по набору генов выполнить построение модели объекта;

2) Имеются ограничения, позволяющие отсеивать ненужные новые решения; т.е. фитнес-функция имеет определенный характер и зависит как от задачи, так и от природы объекта изобретения;

3) Размер, структура хромосом, состав генов не фиксирован, т.е. система открытая и учитывает возможную динамику модели объекта.

Заключение

В работе приводится изложение и анализ положений метода поиска новых решений, реализованный в инструментальной оболочке для построения интеллектуальных САПР.

Предложенный метод соответствует принятой модели САПР, методам представлений знаний, принятых в оболочке, а так же специфике задач, возникающих в МЭО. Проведен сравнительный анализ основных положений нового метода и ряда существующих методов поиска новых решений.

Исходя из результатов анализа, можно отметить, что предлагаемый метод поиска новых решений можно охарактеризовать как метод, повышающий эффективность поиска новых решений за счет:

- совершенствования уже существующих методов;
- создания новых комплексных подходов на базе известных методов;
- создания новых методов, основывающихся на новых идеях и подходах, новых специфических задачах, новых методах представления моделей объектов.

В качестве перспективных дальнейших исследований в данном направлении можно назвать применение данных подходов не только к

поиску моделей структур, но и моделей функций объектов, заданных текстами.

Список литературы

- [Альтшулер, 1973] Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. - М.: Радио и связь, 1973.
- [Альтшулер, 1979] Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука: теория решения изобретательских задач. - М.: Советское радио, 1979.
- [Альтшулер, 1982] Альтшуллер Г.С. Основы изобретательства. - М.: Радио и связь, 1982.
- [Андрейчиков, 1998] Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Компьютерная поддержка изобретательства (методы, системы, примеры применения). Москва: "Машиностроение", 1998. - 478 с.
- [Бирюков, 1982] Бирюков Б.В., Гудчин И.Б. Машина и творчество. - М.: Радио и связь, 1982.
- [Буш, 1979] Буш Г.Я. Аналогия и техническое творчество. - Рига: Лиесма, 1979.
- [Валькман, 1998] Валькман Ю.Р. Интеллектуальные технологии исследовательского проектирования: формальные системы и семиотические модели. - Киев., Port-Royal, 1998. 250 с.
- [Вороновский, 1997] Вороновский Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. — Х.: ОСНОВА, 1997.
- [Григорьев, 1996] Григорьев А.В. Распознавание образов в задачах реконструкции сложных технических систем. В кн. "Сборник трудов факультета вычислительной техники и информатики. Выпуск 1. Донецкий государственный технический университет. - Донецк: ДонГУ, 1996. - С. 153-156.
- [Григорьев, 1999] Григорьев А.В. Семиотическая модель базы знаний САПР. Научные труды Донецкого государственного университета. Серия "Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем". Выпуск 10: - Донецк: ДонГУ, 1999. - С. 30-37.
- [Григорьев, 2001a] Григорьев А.В. Организация пространства поиска решений в специализированной оболочке для построения интеллектуальных САПР. Вісник ТРТУ - ДонДТУ. Матеріали Другого Міжнародного семінару "Практика і перспективи розвитку іноватійного партнерства", Донецьк, ДонДТУ, 2001, N 1. - С. 57-67.
- [Григорьев, 2001b] Григорьев А.В. Адаптивная система ограничений на сложность при синтезе новых решений в интеллектуальных САПР. Искусственный интеллект. N 2, 2001, С. 152-167.
- [Григорьев, 2002a] Григорьев А.В. Алгоритм выполнения теоретико-множественных операций над грамматиками в среде специализированной оболочки для создания интеллектуальных САПР. Наукові праці національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання і автоматизації проектування динамічних систем» (МАП -2002). Выпуск 52: Донецк: ДонНТУ, 2002. - С.83-93.
- [Григорьев, 2002b] Григорьев А.В., Каспаров А.А. И/ИЛИ-дерево как средство абстрактного представления знаний. Наукові праці національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». Выпуск 39: Донецк: ДонНТУ, 2002. - С.36-42.
- [Григорьев, 2003a] А.В. Григорьев, А.А. Селевко. Использование генетических алгоритмов для формирования оптимального набора качеств, характеризующих данную должность. Автоматика - 2003: Материалы 10-й международной конференции по автоматическому управлению. Севастополь: 15-19 сентября 2003. в 3-х томах. - Севастополь: Из-во СевНТУ. - Т.3., С. 9.
- [Григорьев, 2003b] А.В. Григорьев, А.А. Селевко. Использование генетических

алгоритмов в задачах кадрового менеджмента. Материалы международной конференции "Интеллектуальные системы" ICAIS'3. Дивноморское, 3-10 сентября 2003, в 2-х томах. - Таганрог: Изд-во ТРТУ. - Т.1., С. 41-46.

[**Григорьев, 2003в**] Григорьев А.В. Принципы организации вывода решений в базе знаний инструментальной оболочки для создания интеллектуальных САПР. // Практика і перспективи розвитку інституційного партнерства». Вісник ДонГТУ – ТРТУ. Донецьк: РВА ДонНТУ, 2003 – С.96-106.

[**Григорьев, 2005а**] Григорьев А.В. Классификация типов продукций в интеллектуальных САПР. Наукові праці національного технічного університету. Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація». Випуск 88: Донецьк: РВА ДонНТУ, 2005. - С.99-105.

[**Григорьев, 2005б**] Григорьев А.В. Пути создания интеллектуальных САПР при различных уровнях квалификации экспертов /Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект», №3, 2005. – Донецьк: ІПІІІ МОН і НАН України «Наука и образование», 2005. – С. 758–763.

[**Григорьев, 2005в**] Григорьев А.В., Кошелева Д.А. Интеллектуализация процесса проектирования аппаратуры средствами языка VHDL / Моделирование и компьютерная графика: Материалы 1-й международной научно-технической конференции, г Донецьк, 04-07 октября 2005 г. — Донецьк, ДонНТУ, Министерство образования и науки Украины, 2005. – С. 110-116.

[**Джонс, 1986**] Джонс Д.К. Методы проектирования. - М.: Мир, 1986.

[**Курейчик, 2002**] Курейчик В.М. Генетические алгоритмы и их применение. Таганрог: Изд-во ТРТУ, издание второе, дополненное. - 2002.- 242с.

[**Курейчик, 1999**] Курейчик В.В. Эволюционные методы решения задач: Монография. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999, 95 с.

[**Половинкин, 1981**] Автоматизация поискового конструирования. Под ред. Половинкина А.И. - М.: Радио и связь, 1981.

[**Скобцов, 2004**] Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю. Современные модификации и обобщения генетических алгоритмов // Таврический вестник информатики и математики, 2004, №1 Стр. 60-71

[**Солодовников, 1990**] В.В. Солодовников, В.И. Тумаркин. Теория сложности и проектирование систем управления. - М. Наука. 1990. - 186 с.

[**Столяров, 1988**] Столяров А.М. Эвристические приемы и методы активизации творческого мышления. - М: ВНИИПИ, 1988.

[**Столяров, 1989**] Столяров А.М. Методологические основы изобретательского творчества. - М: ВНИИПИ, 1989.

[**Тарасов, 1993**] Тарасов В.Б. Интеллектуальные системы в проектировании // Новости искусственного интеллекта. Москва: - 1993. - №4. С. 24-67.

[**Holland, 1994**] Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control and artificial intelligence. —London: Bradford book edition, 1994.

[**Wong, 1999**] Wong F., Yong Tan P. Neural Networks And Genetic Algorithm For Economic Forecasting //AI in economics and business administration. Institute of systems Science, National University of Singapore 1999.