

Владимир Паронджанов

Дружелюбные алгоритмы, понятные каждому

Как улучшить работу ума
без лишних хлопот



**Владимир
ПАРОНДЖАНОВ**

ДРУЖЕЛЮБНЫЕ АЛГОРИТМЫ, ПОНЯТНЫЕ КАЖДОМУ

**КАК УЛУЧШИТЬ РАБОТУ УМА
БЕЗ ЛИШНИХ ХЛОПОТ**

2-е издание, электронное



**Москва
2023**

Рецензенты:

- Ю. И. Журавлев*, академик РАН, Зам. Директора по научной работе Вычислительного центра имени акад. А. А. Дородницына РАН;
Руководитель Секции прикладной математики и информатики
Отделения математических наук РАН;
Зам. Академика-секретаря Отделения математических наук РАН;
- Ю. В. Трунов*, доктор техн. наук, профессор, Зам. Генерального конструктора Научно-производственного центра автоматизации и приборостроения имени акад. Н. А. Пилюгина;
- В. В. Морозов*, канд. техн. наук, Зам. Генерального конструктора Научно-производственного центра автоматизации и приборостроения имени акад. Н. А. Пилюгина;
- Я. В. Безель*, доктор техн. наук, профессор, Генеральный конструктор Московского НИИ приборной автоматизации;

Паронджанов, Владимир Данилович.

- П18 Дружелюбные алгоритмы, понятные каждому. Как улучшить работу ума без лишних хлопот / В. Д. Паронджанов. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 466 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-303-5

В книге излагаются новые полезные для практики идеи и достижения на стыке информатики, управления и психологии. Показано, что алгоритмы, сила ума, интеллектуальный комфорт и эффективность бизнеса тесно связаны. Дается общедоступный практический курс, помогающий ускорить разработку алгоритмов и программ, увеличить силу ума, упростить формализацию профессиональных знаний, облегчить проектирование сложной деятельности и бизнес-процессов. Курс основан на «дружелюбных» графических языках, обладающих удивительной наглядностью, «заставляющих» мозг мыслить отчетливо, глубоко и продуктивно.

Для всех, кто интересуется алгоритмами и хочет научиться выражать свои мысли и планы в форме дружелюбных и наглядных алгоритмических чертежей. Книга предназначена для начинающих и профессионалов.

УДК 004.4
ББК 32.973.26-018.2

Электронное издание на основе печатного издания: Дружелюбные алгоритмы, понятные каждому. Как улучшить работу ума без лишних хлопот / В. Д. Паронджанов. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 466 с. — ISBN 978-5-94074-606-5. — Текст : непосредственный.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-303-5

© Паронджанов В. Д., 2010
© Оформление, издание ДМК Пресс, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
Часть I. Зачем нужен дружелюбный алгоритмический язык?.....	17
Глава 1. Интеллектуальный терроризм: фантазия или реальность?.....	19
Глава 2. Психологический подход к алгоритмам.....	36
Глава 3. Можно ли создать алгоритмический язык, улучшающий понимание и взаимопонимание?.....	42
Часть II. Знакомьтесь — дружелюбный алгоритмический язык ДРАКОН.....	49
Глава 4. Изюминки языка ДРАКОН.....	51
Глава 5. Эргономичные алгоритмы.....	83
Глава 6. Визуализация циклических алгоритмов.....	129
Глава 7. Визуализация логических формул.....	158
Глава 8. Что такое эргономичный текст?.....	178
Глава 9. Визуальные операторы реального времени.....	197
Глава 10. Дружелюбное программирование.....	210
Часть III. Примеры алгоритмов для различных отраслей знания	223
Глава 11. Алгоритмы в медицине.....	225
Глава 12. Алгоритмы в промышленности.....	233
Глава 13. Алгоритмы в торговле.....	243
Глава 14. Алгоритмы в атомной энергетике.....	254
Глава 15. Алгоритмы в биологии.....	269
Глава 16. Алгоритмы в сельском хозяйстве.....	279
Глава 17. Алгоритмы в средней школе.....	285
Глава 18. Алгоритмы и задачи государственного, муниципального и корпоративного управления.....	296
Глава 19. Алгоритмы и формализация профессиональных знаний.....	303

Глава 20. Рекомендации по использованию алгоритмических структур «силуэт» и «примитив».....	321
Часть IV. Визуальный конструктор алгоритмов и формальное описание языка ДРАКОН.....	325
Глава 21. Визуальный конструктор алгоритмов (дракон-редактор).....	327
Глава 22. Визуальный синтаксис языка ДРАКОН.....	339
Часть V. Теоретическое обоснование языка ДРАКОН.....	349
Глава 23. Визуальное структурное программирование.....	351
Глава 24. Исчисление икон.....	380
Глава 25. Что день грядущий нам готовит? (Проект преобразования алгоритмического языка).....	391
Часть VI. Возможна ли эргономизация математики? История и эргономика математики и создание языка ДРАКОН.....	405
Глава 26. О чем говорят уроки истории? Анализ эргономичности алгебры Диофанта.....	407
Глава 27. Эргономизация математики. Обсуждение и примеры.....	425
Новое платье алгоритмов: взгляд в будущее (вместо заключения).....	447
Литература.....	452
Предметный указатель.....	461

ВВЕДЕНИЕ

У каждого человека имеются огромные интеллектуальные ресурсы, из которых большинство людей использует лишь незначительную часть.

Давид Лассер

АЛГОРИТМЫ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ РАЗУМ

Мы живем в мире алгоритмов, но знаем о них удивительно мало. Многие люди всю жизнь пользуются алгоритмами, не догадываясь об этом. Между тем алгоритмы играют огромную роль в жизни общества. Они оказывают заметное влияние на эффективность экономики и уровень жизни.

К сожалению, многие алгоритмы и программы похожи на загадочный ребус. Они непонятны никому, кроме горстки их создателей. Непонимание порождает путаницу и досадные ошибки. Чтобы поправить дело, надо сделать алгоритмы «дружелюбными». Это позволит превратить алгоритмы-головоломки в наглядные алгоритмы-картинки, обеспечивающие *быстрое и глубокое понимание*. Глубина понимания сложных проблем — как раз то, чего всем нам (от студента до министра) ой как не хватает!

Дружелюбные алгоритмы пишут на **эргономичных** графических языках. Они создают повышенный интеллектуальный комфорт, улучшают работу ума, повышают продуктивность труда. С их помощью вы научитесь легко и быстро, затратив минимум усилий, решать сложнейшие проблемы. Проектировать сложную деятельность и бизнес-процессы. Формализовать свои профессиональные знания. Выполнять алгоритмизацию самостоятельно, без помощи программистов — по методу «программирование без программистов».

МАЛЕНЬКАЯ УВЕРТЮРА

Книга предназначена для всех, кто хочет упорядочить и улучшить работу своего ума. Она адресуется к работникам умственного труда всех профессий и специальностей: конструкторам и педагогам, технологам и врачам, агро-

номам и математикам, биологам и экономистам, психологам и нефтяникам, физикам и программистам и т. д.

Она может пригодиться тем, кто хочет научиться рисовать свои мысли и планы в виде наглядных и точных блок-схем. И разобраться, наконец, что же такое алгоритмы и почему они играют такую важную роль в развитии цивилизации и человеческого интеллекта.

У того, кто бегло пролистал книгу, может сложиться ложное впечатление, что она посвящена компьютерам и программированию. На самом деле это не так. Речь идет не о думающих машинах, а о думающих людях, о загадках и особенностях человеческого познания и интеллекта. О таинственных ловушках и подводных камнях, которые подстерегают нас в трудном плавании по безбрежным морям каждодневной умственной работы. О том, как найти спасительный маяк и прибыть к цели по кратчайшему маршруту.

В книге предлагается новое средство для облегчения и улучшения работы ума, которое можно использовать во многих, практически в любых областях умственной деятельности. Само по себе это средство не имеет никакого отношения к компьютерам. Поэтому его с успехом могут применять и те, кто не любит компьютеры, относится к ним с подозрением и опаской. Вам понадобятся карандаш, бумага и больше ничего. Короче говоря, это средство вполне пригодно для улучшения самой обычной (бескомпьютерной) умственной работы.

Впрочем, любители компьютеров выиграют еще больше, поскольку указанное средство может служить основой для создания новой мощной информационной технологии, которая принесет большую пользу и сейчас и в будущем.

Возможно, книга попадет в руки читателя, который хотел бы улучшить работу своего ума, но которого пугают или раздражают такие слова, как «алгоритм», «программа», «формализация». Этому горю нетрудно помочь. Сейчас мы сочиним шуточный словарь, который хотя и нарушает все каноны научной строгости, зато вполне понятен новичкам.

Легкомысленный словарь

Алгоритм — точное описание решения задачи, которое ведет к победе

Алгоритм — точно описанная последовательность человеческих действий

Алгоритм — точное и полное описание работы (деятельности), которое позволяет другим людям повторить эту деятельность фотографически точно, без малейших отклонений, и получить нужный результат

Визуальный алгоритм — алгоритм, изображенный не в виде текста, а в виде наглядной картинки





Визуализация алгоритма — преобразование алгоритма, который записан в виде плохого и непонятного текста, в хорошую и понятную картинку

Когнитивный — познавательный. Это неуклюжее словечко надо запомнить, так как оно будет попадаться на каждом шагу

Когнитивная психология — психология познавательных процессов

Программа — последовательность действий, которые человек ленился выполнять сам и поэтому поручает компьютеру или роботу

Формальный — математически строгий

Формальное описание — математически строгое, точное, однозначное и полное описание, лишенное пробелов и двусмысленностей

Формализация — превращение обычного (плохого) описания в формальное (хорошее)

Автоформализация — это когда человек выполняет формализацию сам, не обращаясь к помощи друзей, родственников и случайных прохожих

Формализация деятельности — точное описание правил, по которым выполняется деятельность. В ходе формализации необходимо разбить деятельность на отдельные действия, указать последовательность их выполнения, а также условия, при которых выполняется (или не выполняется) каждое действие. В результате формализации описание деятельности превращается в алгоритм

Алгоритмизация — то же самое, что формализация деятельности

Алгоритмизация — внесение порядка в царство анархии, устранение путаницы и разгильдяйства, наведение технологической дисциплины

Алгоритмизация — процесс создания алгоритма

Эргономика — наука о том, как превратить сложную, трудную и противную работу в простую, легкую и приятную

Когнитивная эргономика — наука о том, как облегчить и улучшить умственную работу

Эргономичный — дружелюбный

Эргономичный алгоритм — дружелюбный алгоритм

Эргономичный алгоритмический язык — дружелюбный и удобный в работе алгоритмический язык

Эргономизация алгоритма — превращение недружелюбного алгоритма в дружелюбный

Эргономизация алгоритмического языка — превращение недружелюбного алгоритмического языка в дружелюбный

Эргономизация образования — облегчение и улучшение учебной деятельности

ТРЕТИЙ ГЛАЗ ДЛЯ БИЗНЕСМЕНОВ И РУКОВОДИТЕЛЕЙ

Предположим, вы — крупный руководитель. Например, генеральный конструктор ракетно-космической корпорации. Или даже министр. Или, скажем, глава крупного банка, в котором несколько сотен мощных компьютеров перемалывают финансовую и иную информацию. Или, предположим, вы — главный инженер большого металлургического завода, где успешно действуют самые современные системы управления технологическими процессами. Возможно, вы возглавляете нефтяную компанию, железную дорогу или центр спутникового телевидения.

Гордость вашей организации, ее интеллектуальный костяк составляют золотые умы — квалифицированные специалисты, обладающие драгоценными профессиональными знаниями. В своей работе они используют компьютеры, объединенные в локальные и иные сети. В этой книге описан **практически полезный метод, позволяющий улучшить работу ума этих людей, чтобы увеличить их интеллектуальный вклад в процветание вашей частной фирмы или государственной организации.**

Речь идет о совершенно новой идее, которая, впрочем, уже прошла тщательную проверку в ряде частных случаев и показала хорошие результаты. Предлагаемая идея тесно связана с компьютерами и автоматизацией, но в то же время существенно отличается от них, так как объектом воздействия является не компьютер, а человеческий мозг.

Здесь уместны некоторые пояснения общего характера. Когда говорят об автоматизации, имеют в виду автоматизированные системы управления предприятиями, технологическими процессами, научными исследованиями, конструкторскими разработками, проектированием, программированием, финансовой деятельностью, войсками и множеством других. В XX в. широкая волна компьютеризации и автоматизации охватила весь мир и принесла замечательные плоды. Общественное богатство увеличилось. Доля физического труда сократилась, умственного — возросла. В этот период были осознаны две важные истины.

1. Современный мир — продукт мысли и ума. В конечном счете, именно человеческий ум произвел все то, что мы видим и ощущаем вокруг себя. Цивилизация — это результат усилий человеческого ума.
2. В конкурентном мире успех деятельности фирм и организаций зависит от профессиональных знаний и интеллекта специалистов, от интеллектуального потенциала фирмы, от умения увеличить силу ума работников. Улучшение работы ума специалистов превращается в важнейшую, приоритетную задачу.

Здесь, однако, возникает проблема. Многие считают, что эта задача решается автоматически, сама по себе, вместе с улучшением образования и широким распространением компьютеров. Они полагают, что автоматизация умственного труда усиливает человеческий интеллект. По их мнению, чем совершеннее компьютеры, чем лучше их характеристики,

тем продуктивнее работает мозг. Чем больше сложных и интеллектуальных задач возлагается на машины, тем эффективнее решает свои задачи человеческий интеллект. Чем выше степень автоматизации умственного труда, тем лучше и эффективнее действует наш ум. Согласно этой логике, чтобы улучшить работу ума специалистов, нужно увеличить мощность компьютеров и сделать их более интеллектуальными.

Можно показать, что в этих рассуждениях скрыта тонкая и коварная ошибка. На самом деле автоматизация и улучшение работы ума — хотя и связанные, но *существенно разные вещи*. Творческая продуктивность человеческого мозга не зависит от мощности и других характеристик компьютеров. Она определяется совсем другими факторами.

Таким образом, налицо противоречие. С одной стороны, очевидно, что эффективность фирм и организаций зависит от силы ума специалистов. Поэтому повышение творческой силы интеллекта становится задачей первостепенной важности. С другой стороны, в настоящее время, насколько нам известно, отсутствуют эффективные методы интенсификации человеческого интеллекта, которые можно применить на практике с целью увеличения реальной отдачи фирм и организаций. Более того, задача улучшения работы ума специалистов не только не решена, но фактически даже не поставлена.

Данная книга, по-видимому, представляет собой первую в мировой литературе попытку четко сформулировать проблему улучшения работы ума, выявить ее тесную связь с алгоритмами, которые в огромном количестве населяют всемирную армию компьютеров и головы людей. Показать огромное влияние алгоритмов на человеческий разум. И продемонстрировать неуклонно растущую значимость проблемы «алгоритмы + разум» для повышения эффективности фирм и организаций.

НЕУДАЧНЫЕ ПРИКЛЮЧЕНИЯ АЛГОРИТМОВ В ОБЩЕСТВЕ ЗНАНИЙ

Мы живем в обществе знаний. Носителями профессиональных знаний являются специалисты, например, агрономы, нефтяники, микробиологи, технологи, экономисты, химики, врачи. Большинство указанных специалистов, как правило, далеки от программирования.

Парадокс в том, что эти люди прекрасно знают свою работу. Они четко знают последовательность выполняемых ими действий, то есть алгоритмы своей работы. Но они, увы, не знают, что их знания называются алгоритмами. Эти замечательные специалисты не умеют описывать алгоритмы. Они не умеют расчленять свои знания и выделять среди них алгоритмическую (процедурную) часть. Они не в состоянии выразить свои знания на бумаге в форме алгоритмов.

Хорошо ли это? Допустима ли подобная алгоритмическая неосведомленность?

УСТАРЕВШАЯ ТОЧКА ЗРЕНИЯ

На этот вопрос обычно отвечают так:

Конечно, хорошо. Потому что существует разделение труда. Каждый должен заниматься своим делом. Алгоритмы — дело математиков и программистов. А нефтяники, химики, врачи и экономисты совершенно не обязаны знать алгоритмические тонкости. У них, слава богу, своих забот выше крыши!

Данная точка зрения требует непредвзятого анализа. Прежде всего, надо ответить на вопрос: В чем причина повсеместно распространенной алгоритмической неграмотности? Неграмотности подавляющего большинства специалистов?

Ответ лежит на поверхности. Дело в том, что нынешние алгоритмы (используемые во всем мире) имеют серьезный дефект. Они *чрезвычайно трудны для понимания*.

Поэтому существующая практика изучения, разработки и эксплуатации алгоритмов является неудовлетворительной. Она требует неоправданно больших затрат труда и времени. Эти трудозатраты настолько велики, что во много раз превышают реальные резервы времени, которыми располагают люди.

Алгоритмическая неграмотность специалистов-непрограммистов объясняется тем, что в современных условиях изучение алгоритмов является слишком сложным и даже непосильным делом. Поэтому работа с алгоритмами для подавляющего большинства профессионалов оказывается невозможной.

Это плохо. Алгоритмическая неграмотность многих умных людей неблагоприятно отражается на развитии общества.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ТРУДНА. МОЖНО ЛИ СДЕЛАТЬ ЕЕ ЛЕГКОЙ?

Повторим главную мысль. Нынешние алгоритмы, как правило, недружелюбны. Это обстоятельство ставит непреодолимый барьер и не позволяет перейти к массовому овладению алгоритмизацией.

К счастью, ситуацию можно изменить. Алгоритмы можно и нужно сделать дружелюбными. Как только это случится, ситуация в корне изменится.

Ниже мы предложим более удобную форму записи алгоритмов (но не данных).

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ — ЭТО ТРУД

Чтобы прояснить проблему, сделаем несколько замечаний.

- Разработка алгоритмов — это труд, производительность которого

играет важную роль. Если труд слишком сложен (производительность труда мала), то алгоритмизацию могут выполнять только опытные специалисты. При таких условиях массовая алгоритмизация невозможна. И наоборот, если данный труд удастся резко облегчить, алгоритмизация станет посильной почти для каждого. В этом случае создаются необходимые предпосылки для массового овладения методами алгоритмизации.

- В этой книге мы покажем, что использование дружелюбных алгоритмических языков кардинальным образом облегчает труд и повышает его производительность. Следовательно, дружелюбные языки пригодны для эффективной формализации процедурных знаний, осуществляемой в массовых масштабах.

ЦЕЛЬ КНИГИ

Наша цель — научить читателя самостоятельно создавать дружелюбные алгоритмы. И показать, что это простое и легкое дело. На многочисленных примерах читатель убедится, что дружелюбные алгоритмы имеют огромные преимущества.

Чем понятнее алгоритм, тем легче уяснить его смысл. Чем прозрачнее смысл, тем лучше взаимопонимание между заказчиком и исполнителем работ. Чем меньше ошибок в техническом задании, тем выше производительность труда при разработке и отладке алгоритмов и программ. Чем меньше усилий затрачивают алгоритмисты и программисты, тем быстрее они выполняют свою работу.

ЕЩЕ РАЗ ОБ УСИЛЕНИИ ИНТЕЛЛЕКТА

Академик Андрей Ершов был убежден: занятия программированием делают людей умнее. Человек резко увеличит свой интеллект, если станет программистом. Вот его слова:

«Человек неизмеримо усилит свой интеллект, если сделает частью своей натуры способность планировать свои действия, вырабатывать общие правила и способ их применения к конкретной ситуации, организовывать эти правила в осознанную и выразимую структуру, — одним словом, сделается программистом» [1].

НЕДОСТАТОК ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Прав ли уважаемый академик? Нет сомнения, умение хорошо программировать значительно расширяет умственные возможности людей. Оно позволяет оптимизировать работу ума и использовать компьютер на порядок эффективнее. Однако есть одно «но». На практике предложенный Ершовым путь улучшения интеллекта — увы! — не работает. Он просто-

напросто закрыт для подавляющего большинства желающих. Почему?

Неприятность в том, что все без исключения известные языки программирования слишком сложны и недоступны для большинства людей. Они предназначены для узкой касты знатоков и больше ни для кого. Интеллектуальные трудозатраты на освоение программирования недопустимо велики.

Поэтому языки программирования непригодны для решения задачи, поставленной академиком Ершовым — усиления интеллекта значительной части населения.

КАК ВЫЙТИ ИЗ ТУПИКА?

Наша позиция такова:

- Надо глубоко осознать разницу между понятиями «программирование» и «алгоритмизация».
- Массовое обучение программированию невозможно и не нужно по двум причинам. Во-первых, оно невероятно трудно. Во-вторых, оно дает знания, которые большинству просто не нужны.
- Массовое обучение алгоритмизации, наоборот, полезно и необходимо.
- В обществе знаний во многих случаях возникает острая необходимость формализовать собственные процедурные профессиональные знания специалистов.
- Такое умение должно стать частью их профессиональной культуры.

РАБОЧАЯ ГИПОТЕЗА:

КАЧЕСТВО ЯЗЫКА ВЛИЯЕТ НА СИЛУ УМА

Эргономическое качество алгоритмических языков имеет большое значение. Если качество низкое, алгоритмы оказываются слишком сложными и трудными для понимания. Они содержат смысловые пробелы, упущения, двусмысленности и непонятные места. Это порождает многочисленные неясности, заблуждения, ошибки и взаимное непонимание между соисполнителями работ. В итоге производительность умственного труда создателей алгоритмов падает. Но это не все. Чрезмерная трудность понимания алгоритмов ставит непреодолимую стену перед всеми, кто хочет освоить алгоритмизацию.

И наоборот, если качество языка высокое, алгоритмы становятся легкими для восприятия. Растет глубина и скорость понимания и взаимопонимания. Смысловые ошибки, противоречия и слабые места «сами бросаются в глаза». Их можно гораздо быстрее обнаружить и устранить. В результате продуктивность мозга существенно возрастает.

Сказанное позволяет выдвинуть гипотезу.

Гипотеза

Производительность мозга разработчика алгоритмов зависит от эргономичности алгоритмического языка. Улучшая язык, можно поднять производительность.

Исходя из этих соображений был разработан язык ДРАКОН, который описан ниже.

Язык ДРАКОН обладает уникальными эргономическими характеристиками. Он позволяет улучшить работу ума, легко и быстро создавать дружелюбные и наглядные алгоритмы.

Мы попытаемся доказать, что язык ДРАКОН — мощное оружие интеллекта. Он позволяет ясно и четко мыслить. И значительно облегчает творческий процесс создания алгоритмов, делая его доступным не только для программистов, но и для «народа».

ДРАКОН РОДИЛСЯ В КОСМИЧЕСКОЙ КОЛЫБЕЛИ

Язык ДРАКОН разработан совместными усилиями Федерального космического агентства (Научно-производственный центр автоматики и приборостроения им. акад. Н.А. Пилюгина, г. Москва) и Российской академии наук (Институт прикладной математики им. акад М.В. Келдыша, г. Москва).

ДРАКОН возник как обобщение опыта работ по созданию космического корабля «Буран». Разработка нового языка и системы программирования началась в 1986 и завершилась через 11 лет. В 1996 году на базе ДРАКОНа построена автоматизированная технология проектирования алгоритмов и программ под названием «ГРАФИТ-ФЛОКС». Она успешно используется во многих крупных космических программах, включая:

- международный космический проект «Морской старт» (Sea Launch); Первый пуск «Морского старта» состоялся 10 марта 1999 года;
- разгонный блок космических аппаратов «Фрегат»;
- модернизированная ракета-носитель тяжелого класса «Протон-М» и др.

Поскольку результаты использования ДРАКОНа были стабильно высокими, руководство Пилюгинского центра приняло решение об использовании дракон-технологии во всех последующих проектах.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ БЕЗ ПРОГРАММИСТОВ

ДРАКОН — очень легкий язык. Настолько легкий, что разработку многих компьютерных программ для космических ракет на практике ведут не программисты, а инженеры — по принципу «программирование без программистов». Причина частичного отказа от программистов проста. При

решении практических прикладных задач инженеры досконально владеют материалом и прекрасно знают постановку задачи. В отличие от них программисты не знают физику процесса и становятся «лишними людьми», без которых в ряде случаев (хотя и не всегда) вполне можно обойтись.

Это позволяет значительно сократить издержки, улучшить показатель «затраты — результат», ускорить ход работ. И полностью избавиться от ошибок «испорченного телефона», вызванных взаимным непониманием между программистами и инженерами.

СЕКРЕТЫ КОСМИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК — НАРОДНОМУ ХОЗЯЙСТВУ

ДРАКОН универсален. Он может применяться для наглядного представления и быстрой разработки алгоритмов не только в «космосе», но и в «земных» видах человеческой деятельности. Практическая полезность ДРАКОНа получила высокую оценку.

Можно предположить, что язык ДРАКОН получит широкое распространение в самых различных областях, в том числе в системе образования.

В свое время Никлаус Вирт, автор языка Паскаль, посчитал, что Паскаль должен быть самым первым языком, с которого следует начинать изучение программирования. Эта точка зрения в свое время стала почти общепринятой.

В ту пору программы писали в виде *текста*. Для *текстового* программирования Паскаль, действительно, был наилучшим учебным языком.

Однако сегодня ситуация изменилась. Будущее принадлежит эргономичным языкам. В этих условиях дедушка Паскаль потерял былую славу прекрасного учебного средства.

Сегодня эта роль переходит к визуальному языку ДРАКОН. Именно ДРАКОН становится самым простым, легким, удобным и логически стройным языком, с которого надо начинать изучение алгоритмизации.

ДРАКОН В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

В 1996 году Государственный комитет по высшему образованию Российской Федерации включил изучение языка ДРАКОН в программу курса информатики высшей школы. Этот факт нашел отражение в официальном документе Госкомвуза под названием:

«Примерная программа дисциплины «Информатика».
Для направлений:
510000 — Естественные науки и математика
540000 — Образование
550000 — Технические науки



560000 — Сельскохозяйственные науки

Издание официальное.

М.: Госкомвуз, 1996. 21с.

Авторы программы: Кузнецов В.С., Падалко С.Н., Паронджанов В.Д., Ульянов С.А.

Научные редакторы: Падалко С.Н., Паронджанов В.Д.» [2].

(Примечание. Этот документ официально «узаконил» изучение языка ДРАКОН в системе образования).

В настоящее время ведется подготовка учебных книг для средней и высшей школы. Уже издана первая из них — учебное пособие по алгоритмам для учащихся 5 — 9 классов. Это пособие выдержало три издания [3—5].



СОДЕРЖАНИЕ КНИГИ

Книга состоит из шести частей.

Часть I (главы 1—3) носит вводный характер. Практика показывает, что многие алгоритмисты и программисты, в том числе опытные, с недоверием воспринимают эргономический подход к алгоритмам. Они привыкли думать, что теоретической основой программирования является математика, но никак не эргономика. Мысль о том, что математика должна вступить в союз с эргономикой кажется им крамольной и еретической. Первая часть книги призвана развеять эти сомнения.

Сделаем оговорку: читатели, которые не нуждаются в подобных разъяснениях, могут без всякого ущерба пропустить первую часть и начать чтение с 4-й главы.

В части II (главы 4–10) описывается эргономичный алгоритмический язык ДРАКОН. Для удобства читателя описание языка дается в упрощенном виде, на наглядных примерах.

Часть III (главы 11–20) содержит большое число алгоритмов на языке ДРАКОН. Примеры демонстрируют широкий спектр возможностей языка, позволяющих использовать его для различных отраслей и предметных областей.

В части IV (главы 21, 22) описывается программа «конструктор алгоритмов» и дается формальное описание языка.

Часть V (главы 23–25) посвящена теоретическому обоснованию языка ДРАКОН. В главе 23 описана теория визуального структурного программирования. (Именно она лежит в основе ДРАКОНа). В главе 24 показано, что визуальный синтаксис ДРАКОНа представляет собой визуальное логическое исчисление, которое называется *исчислением икон*. В главе 25 представлен Проект преобразования алгоритмического языка.

Часть VI (главы 26, 27) освещает историю дружеских связей математики и эргономики. Характерная для ДРАКОНа «дружба» математики и эргономики вовсе не является исключением. История математики на многих фактах подтверждает, что подобная «дружба» является одной из важных закономерностей развития науки.

Часть I

**ЗАЧЕМ НУЖЕН
ДРУЖЕЛЮБНЫЙ
АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ
ЯЗЫК?**

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ТЕРРОРИЗМ: ФАНТАЗИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Мы просто не научились еще использовать на полную «проектную мощност» возможности нашего мозга.

Эвальд Ильенков

ПОЧЕМУ УМНЫЕ ЛЮДИ СТРАДАЮТ И ГИБНУТ?

Два ученика известного математика Давида Гильберта, изнуренные непосильной умственной работой, не получив требуемых шефом научных результатов, в отчаянии покончили с собой. Бедный старик не нашел ничего лучшего как, стоя на похоронах под проливным дождем, в течение часа произносить речь, в которой доказывал, что их диссертации могли быть исправлены. В науке драматические ситуации, увы, не редкость.

Немецкий ученый Франц-Адольф Тауринус, доведенный до крайности равнодушием математиков, сжег свой труд об основах геометрии. Янош Больяи впал в душевное расстройство. Николая Лобачевского в одной из рецензий объявили чуть ли не сумасшедшим. Феликса Клейна постигла катастрофа — соперничая с Анри Пуанкаре в построении теории автоморфных функций, он надорвался, тяжело заболел и вынужден был навсегда прекратить научную работу по математике. Даже великий Карл Фридрих Гаусс, несмотря на блестящие успехи и выдающиеся открытия, однажды признался: «Смерть мне милее такой жизни». Историки предполагают, что его ипохондрия и душевный недуг — ответная реакция на неимоверно интенсивную работу и сверхчеловеческое усердие [1—3].

РАЗВЕ ТАКАЯ ПРОБЛЕМА СУЩЕСТВУЕТ?

Анализируя подобные случаи, трудно избавиться от впечатления, что за



- Я дни и ночи бьюсь над диссертацией, а шеф опять недоволен. Лучше удавиться!
- Меня он тоже вконец замучил. Застрелюсь — и дело с концом!

трагедиями конкретных людей скрывается и постепенно набирает силу новое и крайне негативное социальное явление. Этот феномен иногда характеризуют как «интеллектуальный терроризм». Но его, наверно, было бы лучше назвать интеллектуальной каторгой. В той или иной степени с ним сталкиваются все, кому приходится испытывать хроническое перенапряжение и трудиться на пределе своих возможностей. Для некоторых непосильные перегрузки начинаются уже в школе. Отчасти этому способствуют недостатки преподавания. Французский специалист по искусственному интеллекту Жан-Луи Лорьер пишет:

«Существует определенный вид интеллектуального терроризма, когда некоторых учеников называют “нуль в математике”, хотя их единственная вина состоит в том, что они не понимают то, о чем... никогда не говорится» [4].

Сильнейшие умственные перегрузки испытывают многие студенты, бизнесмены, ученые и многочисленные армии интеллектуальных трудоголиков, что нередко ведет ко всевозможным расстройствам и порою — серьезным заболеваниям. Здесь есть нечто загадочное, поскольку за всеми этими внешними проявлениями скрывается неуловимая проблема-невидимка.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ СТРЕСС — ЗЛОВЕЩИЙ СПУТНИК ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

Будущее человечества, самое его выживание прямо зависит от роста его интеллектуальных возможностей. Однако требование всемерного развития человеческого интеллекта, максимальной интенсификации его работы во многих случаях наталкивается на жесткое препятствие, имя которому — информационный стресс. Именно в этой точке, как молния из искры, вспыхивает проблема интеллектуального терроризма. К сожалению, ею часто пренебрегают, считая ее второстепенной, а то и вовсе несуществующей. Впрочем, так думают не все.

Некоторые ученые полагают, что информационный стресс возникает в ситуации информационных перегрузок. Это происходит, когда человек не справляется с задачей, не успевает принимать верные решения в требуемом темпе при высокой ответственности за последствия принятых решений. Анализируя тексты, решая те или другие задачи, человек перерабатывает информацию. Завершается этот процесс принятием решения (или получением промежуточного результата). Объем перерабатываемой информации, ее сложность, необходимость часто принимать решения — все это и составляет *информационную нагрузку*. Если она превосходит возможности человека при его высокой заинтересованности в выполнении данной работы, то говорят об *информационной перегрузке*.

Стресс и вызываемые им расстройства оказывают огромное влияние на жизнь и здоровье современного человека. Стресс коварен. С одной стороны, для возникновения его вредных последствий совсем не требуется, чтобы воздействующий фактор был чрезвычайно сильным и необычным. Установлено, что обычный и заурядный фактор (такой, как дефицит времени) может оказать очень сильное стрессовое воздействие. С другой стороны, стресс может привести к общему истощению организма и даже к смерти.

КАМИКАДЗЕ УМСТВЕННОГО ТРУДА

Защита интеллектуальных работников от стрессовых воздействий ведется во многих направлениях — от медицинской профилактики до облегчения труда через усиление возможностей интеллекта.

Вот далеко не полный перечень известных «противоядий»: гигиена умственной деятельности, рациональная организация работы, повышение интеллектуальной культуры специалистов, стимулирование научного творчества, использование возможностей интуиции, совершенствование интеллектуальных способностей, различные теории развития интеллекта. Сюда же можно добавить различные частные методики, такие как ТРИЗ (теория решения изобретательских задач), интеллект-карты Тони Бьюзена и т. д. [5—11].

Хотя существующие средства, теории и инструменты, несомненно, являются полезным и порою весьма эффективным лекарством, тем не

менее, они, к сожалению, не соответствуют глобальному масштабу и нарастающей значимости проблемы. К чему это приводит?

Сложность цивилизационных процессов, существенно превышает наличные интеллектуальные возможности человечества. Не справляясь с неуклонным ростом этой губительной сложности, люди вынуждены компенсировать слабость и нехватку интеллектуальных инструментов за счет нервного перенапряжения (читай — истощения) и увеличения рабочего дня добровольных и вынужденных трудооголиков. При этом за кадром общественного внимания, телевидения и средств массовой информации остается тот факт, что интеллектуальные работники зачастую превращаются в интеллектуальных камикадзе, которых общество приносит в жертву жестокому и коварному Молоху интеллектуального прогресса.

Известный математик Герман Вейль подчеркивает: недопустимо, когда трансцендентное господствует над человеком, превращая его всего лишь в рупор интеллектуального откровения. И делает вывод:

«Хотя наука — высокая объективная ценность, которой смиренно служит человек, одновременно она — ветвь человеческой деятельности, ради которой нельзя приносить в жертву самое жизнь» [3].

ЧТО ТАКОЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ТЕРРОРИЗМ?

- Виновен ли профессор математики геттингенского университета Давид Гильберт в гибели своих учеников?
- Нет.
- Хотел ли он их смерти?
- Нелепый вопрос. Конечно, нет.
- В таком случае, что явилось причиной самоубийства?

Интеллектуальный терроризм — особая социальная ситуация, когда общество, действуя возможно, из лучших побуждений, формирует систему моральных норм и социальных ценностей, а также систему прямых и косвенных стимулов и с их помощью навязывает человеку чрезмерно трудный стиль умственного труда.

Такой стиль почти неизбежно или с высоким риском приводит к перегрузке или другим отрицательным последствиям, наносящим вред физическому или душевному здоровью, снижающим качество или сокращающим продолжительность жизни.

Парадокс в том, что интеллектуальный терроризм (интеллектуальная каторга), даже если он влечет за собой тяжелейшие нервно-психические или иные заболевания и суицидальные попытки, в рамках существующей системы взглядов и моральных норм не рассматривается как нарушение прав человека.

По нашему мнению, интеллектуальный терроризм — это пока еще не осознанная, но вполне реальная и серьезная угроза. Источник всех этих бед и напастей состоит в том, что имеющиеся интеллектуальные средства,

методы и инструменты в значительной степени устарели. Они «не умеют» решать проблему интеллектуальных трудностей, облегчая или устраняя их. Они нацелены на решение интеллектуальных задач любой ценой. При этом не учитываются реальные умственные затраты и нервно-психические последствия. Почти полностью игнорируются тонкие когнитивно-эргonomические характеристики сложной умственной деятельности.

Таким образом, развитие интеллектуальных средств и инструментов драматически отстает от насущных интеллектуальных потребностей практики. Досаднее всего, что это противоречие остается скрытым, неявным, поскольку оно пока еще не попало в сферу интересов современной науки в качестве одной из наиболее приоритетных, архиважных проблем.

ГУМАНИТАРНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Можно ли повысить качество решений сложных и сверхсложных интеллектуальных проблем, необходимых для устойчивого развития цивилизации, и одновременно защитить людей от опасных для здоровья умственных перегрузок?

Как облегчить и улучшить работу человеческого ума? Увеличить продуктивность творческого мышления? Преобразовать трудные и непосильные задачи в легкие и посильные? Словом, превратить интеллектуальные муки-мученические во что-нибудь более достойное человека и даже приятное? Можно ли решить эту проблему в принципе?

Анализ этих вопросов позволяет выявить задачу, которая, насколько нам известно, пока еще не обсуждалась в литературе.

Суть проблемы, образно говоря, состоит в том, что современные методы интеллектуальной деятельности, пораженные вирусом интеллектуального терроризма, слишком часто превращают работников умственного труда и учащихся в пациентов, инвалидов и покойников.

Необходимо коренным образом изменить ситуацию, добиться кардинального улучшения форм и методов умственной работы, научиться решать более сложные интеллектуальные задачи с более высоким качеством за меньшее время и без ущерба для здоровья.

Интеллектуальная безопасность цивилизации — комплексное свойство глобальной интеллектуальной деятельности людей, позволяющее:

- своевременно решать все более сложные интеллектуальные задачи, обеспечивающие неуклонное развитие цивилизации;
- защитить человеческий мозг от опасных и вредных для здоровья перегрузок, сводя их к минимуму или полностью исключая.

Принцип «сначала калечим, потом лечим» неэффективен ни с экономической, ни с медицинской точки зрения. Поэтому мы выдвигаем другой принцип: система «наука — образование» не должна быть вредной для здоровья.

Однако нынешняя наука не может не калечить — так уж она устроена. Почему? В частности потому, что на протяжении всей истории создатели

научных теорий и методов ставили перед собой какие угодно цели и задачи, но только не задачу эффективной защиты человека от интеллектуальных перегрузок и неоправданных трудностей. По этой причине человеческий мозг, этот хрупкий сосуд разума, сталкиваясь с демоном науки, оказывается в крайне уязвимом положении. Не выдерживая запредельной нагрузки, он получает вызванные стрессом многочисленные травмы.

Чтобы устранить вопиющее рассогласование между невообразимой сложностью науки и скромными интеллектуальными возможностями среднего человека, необходимо уяснить, что *психологическая сложность науки* не является постоянной. Наоборот, это *переменная* величина, которой можно управлять. И, самое главное, уменьшать ее в желаемых (хотя и ограниченных) пределах.

Для достижения цели необходимо осуществить крайне болезненную операцию — с помощью когнитивно-эргономических методов реконструировать здание современной науки, во всех ее разделах и построениях. И тем самым превратить ее из громоздкого и опасного монстра в дружелюбную науку с человеческим лицом. Чтобы занятия наукой были эффективными, но не вызывали неоправданных трудностей. И не угрожали здоровью человека.

Чтобы устранить негативные проявления интеллектуального терроризма, надо создать новое поколение интеллектуальных средств. Это — беспрецедентная по сложности задача.

Вообще говоря, пока еще совершенно не ясно, поддается ли она решению. А если поддается, то в какой степени. Однако цель настолько важна и благородна, что стоит провести специальное исследование для более глубокого изучения проблемы.



- Пихай-тихай! Утрамбовывай!
- А он не помрет? Слышишь, как вопит.
- Ничего. Родине нужны образованные люди.

ПРОТИВОРЕЧИВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕЛОВЕЧЕСКОМУ МОЗГУ

Развитие цивилизации сопровождается значительным усложнением интеллектуальных задач, увеличением нагрузки на мозг. В свою очередь, рост нагрузки, повышение напряженности умственного труда нередко приводят к перегрузке мозга.

В условиях перегрузки людям намного труднее охватить умом отдаленные последствия своих и чужих решений и действий. Поэтому многие важные детали выпадают из поля зрения и не учитываются. Это может привести и нередко приводит к негативным последствиям.

Налицо противоречие. С одной стороны, чтобы избежать нежелательных и опасных для здоровья перегрузок и вызванных ими упущений, необходимо уменьшить нагрузку на мозг. С другой стороны, развитие и усложнение цивилизации приводит к лавинообразному усложнению задач и безостановочному росту их количества. Все это предъявляет к мозгу постоянно растущие требования, направленные на повышение его интеллектуальной производительности.

Как разрешить это противоречие? Можно ли выполнить два противоположных требования:

- облегчить работу мозга
- и одновременно увеличить его умственную продуктивность?

КОМПЬЮТЕРНАЯ МИФОЛОГИЯ: ОБЛЕГЧАЮТ ЛИ КОМПЬЮТЕРЫ УМСТВЕННЫЙ ТРУД?

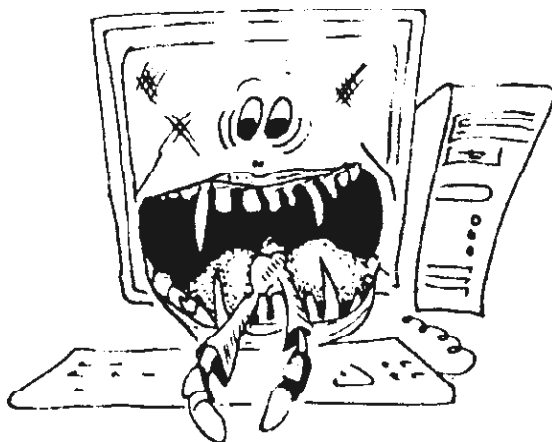
Иногда говорят, что компьютеризация и автоматизация умственного труда снимают эту проблему. Дескать, компьютер облегчает работу мозга, принимая на себя значительную часть задач и выполняя их намного быстрее. Благодаря этому нагрузка на человека якобы уменьшается.

Это неверно. В действительности использование компьютеров не приводит к уменьшению напряженности труда. Почему?

Потому что вместо одних заданий (которые удалось переложить на машину), человеческий мозг обычно получает множество новых задач. В итоге суммарная нагрузка не уменьшается и даже возрастает.

Все чаще ученые приходят к выводу, что применение компьютеров во многих или даже большинстве случаев не только не упрощает, а наоборот, резко усложняет интеллектуальные задачи, которые остаются на долю человека.

Например, известный нидерландский ученый Эдсгер Дейкстра пишет о «неисчерпаемой» и «беспрецедентной» сложности задач, которые приходится решать программистам [12]. С ним соглашается академик Андрей Ершов: «Программисты составляют первую большую группу людей, работа которых ведет к пределам человеческого знания... и затрагивает глубочайшие тайны человеческого мозга» [13].



- Он поверил, что компьютеры облегчают умственный труд!
- Ха-ха-ха!

Психолог Михаил Ярошевский отмечает:

«Успехи кибернетики приводят к тому, что резко расширяются перспективы передачи техническим устройствам тех умственных операций, которые поддаются формализации. Такие операции раньше поглощали значительную часть интеллектуальных усилий ученого. Однако теперь ситуация изменилась. В новых условиях резко повышаются требования к формированию способностей ученого производить такие действия, которые не могут совершаться компьютерами» [14].

Таким образом, массовая компьютеризация не отменяет интересующую нас проблему повышения продуктивности умственного труда. Напротив, она делает ее еще более актуальной.

ЧТО ТАКОЕ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТА?

На наш взгляд, для решения поставленной задачи следует перейти от экстенсивной умственной деятельности к интенсивной. Поясним термины.

Деятельность называется *экстенсивной*, если скорость, с которой мозг решает задачи, предполагается относительно неизменной, а выполнение сложной работы в сжатые сроки достигается за счет уплотнения рабочего времени и удлинения рабочего дня. Это означает, что человек работает на износ — по 12, 16 или 20 часов в сутки. Причем перерывы для отдыха сокращаются почти до нуля («бутерброд перехватить некогда!»).

Если сотрудник, действуя в таком режиме, выполняет работу досрочно и с высоким качеством, его называют интеллектуальным героем. И ставят в пример: он сделал невозможное! При этом считается хорошим



- Крути быстрее! Не ленись!
- Куда уж быстрее — сейчас мозги лопнут!
- Давай-давай! И запомни: повышение умственной продуктивности — задача номер один!

тоном стыдливо умалчивать о том, насколько подобная работа приблизила нашего героя к больнице или могиле.

При *интенсивной* умственной деятельности своевременное окончание задания достигается не за счет подобных варварских методов, а за счет увеличения скорости работы мозга.

Интенсификация интеллекта — совокупность интеллектуальных приемов и средств, изменяющих режим функционирования человеческого мозга в благоприятном направлении, чтобы использовать его возможности на полную мощность.

Указанные средства специально конструируются таким образом, чтобы одновременно

- улучшить работу ума за счет повышения продуктивности мозга,
- облегчить умственный труд путем минимизации интеллектуальных затрат на единицу получаемых интеллектуальных результатов.

Вообще говоря, эта идея не нова. На протяжении всей истории человечество безостановочно изобретало новые интеллектуальные средства, улучшающие и облегчающие работу ума. Однако делалось это в значительной степени неосознанно, отчасти вслепую и во многом стихийно.

Такое положение нетерпимо. Необходимо взять этот процесс под контроль. И превратить его в ясный, осознанный, целеустремленный и, самое главное, массовый.

КРИТЕРИЙ ДЕКАРТА И ЭРГОНОМИЗАЦИЯ НАУКИ

Крупнейший французский мыслитель Рене Декарт подчеркивал, что научные открытия и изобретения следует производить не путем беспорядочного блуждания наугад по дорогам науки, а с помощью метода.

«Под методом же я разумею достоверные и легкие правила, строго соблюдая которые человек никогда не примет ничего ложного за истинное и сможет добывать новое знание — все, что он способен познать — *без лишней траты умственных сил*» [15].

Выделенные слова можно охарактеризовать как критерий Декарта. С современных позиций можно сформулировать его так.

При разработке эффективных методов реализации любой умственной работы (будь то в науке, технике или в других областях) во главу угла — наряду с принципом быстрого и качественного выполнения работ — следует ставить принцип минимизации умственных усилий. То есть минимизацию затрат нервной энергии человеческого мозга на единицу создаваемой интеллектуальной продукции.

Удобнее дать эту мысль в краткой формулировке:

Критерий Декарта

Чтобы улучшить работу ума, надо минимизировать интеллектуальные усилия, затрачиваемые на получение нужного результата.

В этой книге мы пытаемся следовать по пути, который наметил гениальный французский мыслитель. В качестве драгоценного компаса — компаса мудрости — мы намерены использовать критерий Декарта.

О ЧЕМ ЭТА КНИГА?

Повторим вопрос: можно ли улучшить работу ума и одновременно облегчить деятельность мозга, чтобы интеллектуальная работа выполнялась без ущерба для здоровья? На первых порах нет необходимости решать столь сложную проблему в общем виде. Вполне достаточно продемонстрировать существование эффективного решения хотя бы для некоторых значимых частных случаев. Подобный прием покажет, что проблема не безнадежна, что она в принципе поддается решению. А раз так, появляется обоснованная надежда на то, что, действуя по аналогии, можно искать решение и для других случаев.

Возможность практической реализации новых идей продемонстрируем на примере языка ДРАКОН. Это слово означает:

Дружелюбный
Русский
Алгоритмический язык
Который
Обеспечивает
Наглядность

Язык ДРАКОН — общедоступный интеллектуальный инструмент нового типа. Он специально сконструирован для облегчения и улучшения работы ума интеллектуальных работников и учащихся. Он особенно полезен при разработке алгоритмов, решении трудных задач, систематизации и автоформализации профессиональных знаний, описании структуры человеческой деятельности. А также многих других задач, о которых речь впереди.

Отличие ДРАКОНа в том, что это не текстовый, а визуальный язык. Образно говоря, он прокладывает кратчайший путь к цели, взрывая математические скалы и препятствия динамитом наглядных картинок. Благодаря новым приемам многие (хотя, разумеется, далеко не все) сложные проблемы превращаются в простые. Непонятное становится понятным. В итоге достигается искомый выигрыш. Производительность растет. Качество улучшается. Трудная работа облегчается и оказывается более приятной. Умственные перегрузки резко уменьшаются, опускаясь намного ниже опасной черты.

