

DOI:

ФАКТОР РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ В СОЗДАНИИ И РАЗВИТИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Конопатов С.Н.,

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва, ул. 2 Бауманская, д. 5.

kosenik@mail.ru,

Самиденов С.А.

Prime Aviation JSC, Республика Казахстан, г. Нур-Султан

s.samidenov@mail.ru

Аннотация: исследуются возможности, предоставляемые применением рыночных (COTS) продуктов для удовлетворения потребностей в сложных системах. Оценивается рынок COTS, определяются уровни применения COTS (и возникающие при этом компромиссы), степени применения COTS, как фактора развития систем и экономики в целом, оцениваются преимущества использования COTS при разработке систем.

Ключевые слова: система, рынок, жизненный цикл, развитие, конкуренция, обратная связь, компромисс.

Введение

Коммерческие «с полки магазина» COTS/NDI¹ системы (далее - COTS) - продукты (в т.ч. технологии) и услуги, доступные на рынке широкому кругу потребителей в продаже, аренде и лицензировании. Они могут быть как чисто гражданскими, так и двойного назначения («dual use products»), т.е. применимыми в гражданской и в военной сферах.

С момента появления понятия COTS в него включали только компьютерные аппаратные и программные средства, например:

- пакет программ для образования и бизнеса Microsoft Office, компьютерные процессоры Intel;
- бесплатное программное обеспечение (freeware) с коммерческой поддержкой (операционные системы Linux, Андроид и др.).

Сегодня компьютерные средства – лишь часть многомиллиардного быстро развивающегося рынка COTS (навигационные системы, сенсоры, системы связи и управления, средства транспорта (в т.ч. комического), спутники, силовые установки, кондиционеры, аккумуляторы и пр.)².

Альтернатива COTS - уникальные (специально разрабатываемые для тех или иных целей) продукты (в т.ч. технологии) и услуги (далее – DI³).

Устойчивый тренд последних десятилетий – рост сроков разработки и стоимости жизненных циклов (далее - ЖЦ⁴) сложных DI. Вместе с тем, на рынке доступно все больше схожих по функционалу, но намного более дешевых COTS. Они могут использоваться коммерческими фирмами и правительственными ведомствами (в т.ч. силовыми), как:

- альтернативы DI;
- компоненты разрабатываемых/модернизируемых DI.⁵

В связи с этим при возникновении потребности в какой-то новой сложной системе государственные ведомства и коммерческие фирмы сталкиваются с дилеммой: разрабатывать DI или использовать COTS – систему, а если использовать – то как и в каких пределах?

1 Уровни применения COTS-систем

COTS-системы можно структурировать по уровням (ступеням):

¹ *Commercial Off-The-Shelf/NonDevelopmental Items.*

² *Наиболее значительна доля COTS-продуктов в программном обеспечении: более 99% компьютерных программ в мире – COTS-продукты (Basili, 2001). Значительной частью любого разрабатываемого программного комплекса является COTS: никакой подрядчик (проектная команда) не сможет создать все его компоненты с допустимыми издержками времени и ресурсов.*

³ *Developmental Items.*

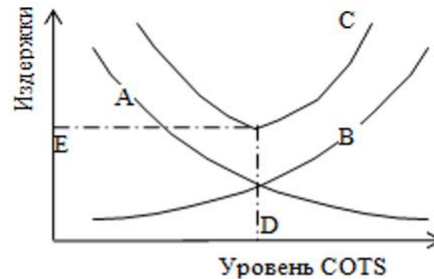
⁴ *ЖЦ системы включает её разработку, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию (в том числе техобслуживание, ремонт и модернизацию), вывод из эксплуатации (списание), утилизацию.*

⁵ *С концепцией COTS связан термин «продукты двойного назначения» («dual use products») – это продукты, применимые как в гражданской, так и в военной сфере.*

- нижний уровень (ступень) – элементарные типовые микрокомпоненты (небольшие строительные блоки с определенными функциями – аппаратные, программные, технологические), позволяющие строить более сложные DI;
- верхний уровень (ступень) - полностью интегрированные COTS-системы, которые могут закупаться для решения специальных задач.

Между ними может быть много промежуточных ступеней COTS-систем, различающихся степенями интеграции.

COTS-системы каких ступеней рационально использовать?



A – Стоимость жизненного цикла системы; B – стоимость потерь в эффективности системы из-за частичности удовлетворения требований заказчика; C (кривая компромисса) – суммарные издержки.

Например, нам нужна система графического представления и анализа данных.

Ориентируясь на нижний уровень COTS, можно закупить программные модули COTS, графически отображающие пространственные данные. Тогда потребуется разрабатывать специальное программное обеспечение для интеграции этих модулей и манипулирования изображениями.

На высших ступенях COTS имеют все необходимые средства управления процессами, модели данных и отчетов. Такую систему нужно лишь настроить на конкретное применение и организовать её использование. Это гораздо дешевле и быстрее, чем начинать с нижних ступеней; однако чем с более высокой ступени COTS используются компоненты, тем больше они определяют структуру, возможности системы и процесс её использования. Это чревато снижением эффективности системы.

Чем с более низкой ступени используются COTS-компоненты, тем меньше они определяют структуру и возможности системы в целом, тем больше возможностей удовлетворить различные требования заказчика, реализовать нужный режим эксплуатации системы. Однако стоимость жизненного цикла такой системы может далеко превзойти выгоды большего контроля над структурой, возможностями и режимом эксплуатации системы (рис. 1).

Чем с более высокой ступени используются компоненты COTS, тем больше требований предъявляется к компонентам и тем меньше выбор компонентов на рынке. Поэтому общий подход при определении уровня применения COTS – инженерный компромисс («золотая середина» - точка D на рис.1) между ростом стоимости жизненного цикла и потерями из-за частичности удовлетворения требований заказчика вследствие ограниченности ассортимента нужных COTS – продуктов верхних уровней.

Для интеграции COTS-систем разных производителей они должны стандартные интерфейсы для обеспечения их интероперабельности и взаимозаменяемости. Для решения этой проблемы Министерство обороны США разработало концепцию модульных открытых систем (MOSA - Modular Open Systems Approach). Поскольку МО США – крупнейший потребитель на рынке высокотехнологичных товаров, концепция MOSA получила широкое распространение и в значительной мере структурирует отмеченный рынок, причем не только в США.

2 Традиционный и COTS подходы к разработке/модернизации систем

Традиционный подход к разработке/модернизации той или иной системы реализуется в диалектике компромисса двух факторов (рис. 2 слева):

- требований к системе, предъявляемых заказчиком;
- возможностей подрядчика по их реализации,-

результатом чего являются архитектура и материальная реализация системы.

Подход COTS к разработке/модернизации той или иной системы основывается на компромиссе трех факторов (рис. 2 справа):

- требований к системе;
- возможностей доступных COTS-компонент;
- возможностей и предпочтений подрядчика реализовать требования к системе с использованием COTS и DI.

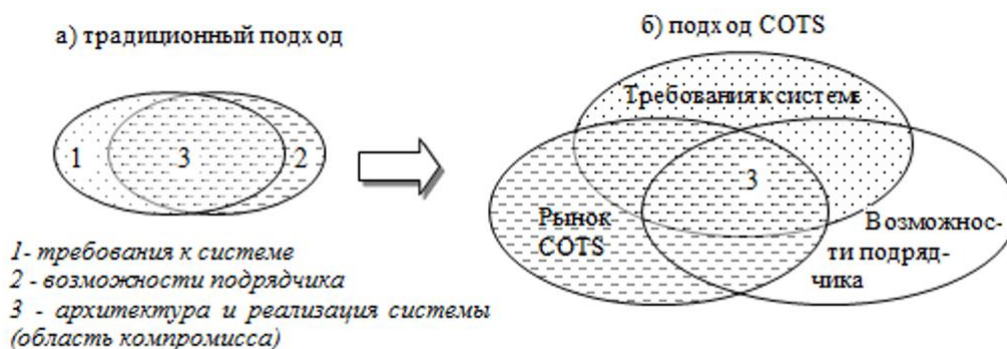


Рис. 2. Традиционный (а) и COTS (б) - подходы к созданию/модернизации систем

Как видно из рис. 2, область компромисса в случае COTS-подхода значительно меньше из-за дополнительных ограничений, накладываемых возможностями рынка COTS⁶. Причем ситуации компромиссов могут возникать многократно по многим компонентам в процессе разработки/модернизации одной и той же системы (рис. 2). Поэтому нужно оценивать, какие требования могут быть удовлетворены оригинальными или измененными производителем COTS-продуктами, а какие требования можно смягчить в обмен на преимущества использования COTS – продуктов так, чтобы общий баланс приобретений/потерь был положительным (рис. 1).

Для нахождения и реализации эффективных компромиссов необходимы:

- знание доступной номенклатуры и возможностей COTS-продуктов;
- тесное взаимодействие между заказчиком, подрядчиком, а во многих случаях и поставщиками COTS-компонентов;
- оптимизационные модели, которые могут быть специфичными для каждого компромисса.

3 Степень применения COTS-систем, как фактор развития

Та или иная правительственная система может использовать COTS-продукты в разной степени. Она может:

а) быть построена без применения COTS. Таковую систему можно охарактеризовать, как неразвивающуюся, ибо никто постоянно и непрерывно не работает над ее развитием. Ее модернизация:

- требует разработки и принятия специальных решений и программ (в случае государственных ведомств - политических решений и правительственных программ);
- занимает много времени;
- требует много ресурсов.

Поэтому темп обновления DI-систем невысок; часто они отстают в развитии от COTS-систем на несколько поколений;

б) наряду со специально разработанными включать COTS-подсистемы, или состоять только из COTS-подсистем, приобретенных у разных поставщиков. Над обновлением COTS-подсистем постоянно трудятся фирмы-производители, вынуждаемые к этому рынком, а затраты на это распределяются на всех потребителей таких подсистем. Поэтому обновление (выпуск новых версий) COTS-подсистем осуществляется регулярно и обходится недорого. Такие системы являются частично развивающимися, ибо оптимизация любой системы достигается оптимизацией её подсистем:

- не всегда – например, когда подсистема не является ограничивающим фактором системы (как следует, например, из теории ограничений Э. Голдратта);

⁶ Т.е. при COTS-подходе требования заказчика к заказываемой системе могут быть удовлетворены в меньшей степени.

- лишь частично (общая проблема субъоптимизации);

в) быть COTS-продуктом от одного поставщика - например, система трансфера Земля - ближний космос SpaceX И. Маска. Это развивающиеся системы: они регулярно обновляются с минимальными затратами ресурсов и времени заказчика. Но такие варианты нечасты.

Если в системе используется COTS-продукт или вся система является COTS-продуктом:

- сам заказчик не должен самостоятельно вносить изменения в такой продукт, иначе лишится поддержки производителем жизненного цикла продукта, т.е. продукт перейдет в категорию неразвивающихся (см. выше), и его эксплуатация станет гораздо дороже;
- чем значительнее изменения, вносимые подрядчиком в COTS-продукт по требованию заказчика, тем сложнее, дороже и длительнее будут в дальнейшем ремонт и модернизация системы: жизненный цикл измененной системы будет не в полной мере поддерживаться стандартными рыночными средствами, для этого потребуется их модификация.

Таким образом, COTS-продукты сохраняют все свои преимущества только при их конфигурировании в пределах заложенных в них возможностей, и теряют часть из них при значительных конструктивных изменениях; и тем больше, чем значительнее изменения.

Кроме того, следует учитывать, что:

- объем усилий по развертыванию и поддержке жизненного цикла систем с COTS-подсистемами растет пропорционально квадрату числа независимо разработанных COTS-подсистем [6]7;
- более половины функций больших программных COTS-систем остаются неиспользуемыми [6]8.

4 Преимущества COTS-систем

На основе вышесказанного можно отметить следующие преимущества COTS-систем перед уникальными системами:

- стоимость COTS-продуктов как минимум на порядок (в 10 раз) меньше;
- для COTS-систем многократно меньше временной лаг между заказом системы и вводом её в эксплуатацию;
- для ремонта COTS-систем используются широко распространенные, а значит – дешевые рыночные продукты;
- для модернизации COTS-систем используются типовые решения, стоимость которых распределяется на всё множество пользователей аналогичных систем. Причём в этом случае поставщик сам заинтересован в развитии систем, поддержании их на самом передовом уровне;
- COTS-системы основываются на общепринятых стандартах и открытой архитектуре, поскольку бизнесу важно обеспечить потребности как можно большего числа возможных покупателей. Это упрощает сопряжение (комплексирование) COTS-систем с другими системами;
- применение широкодоступных многократно проверенных на практике COTS-технологий и продуктов значительно снижает риски срыва сроков разработки и проектов разработки систем;
- темп развития COTS- систем многократно выше, чем DI-систем (в том числе военных). Так, периодичность обновления программно-аппаратных COTS-продуктов вычислительной техники в среднем несколько месяцев (см., например, закон Г. Мура). Она диктуется объективным фактором – давлением рынка, причем вопрос стоит предельно остро: обновляй или разорься. Рынок материально питает обновление, и тем больше, чем быстрее идет обновление – т.е. наличию положительная (взаимо-усиливающаяся) обратная связь (ПОС). В случае DI-систем движущий фактор обновления в значительной мере субъективный и менее острый, а ПОС если и есть, то весьма слабая. А отсюда длительные циклы обновления DI-систем, нередко измеряемые десятилетиями;
- использование COTS-продуктов позволяет избежать порочной практики «изобретения колеса» и связанных с этим издержек.

Итак, чтобы иметь на вооружении самые современные технологии и системы с минимальными затратами времени и ресурсов, важно использовать COTS-системы.

⁷ Базили оценивает объем усилий в применении к программному обеспечению; на взгляд автора, это справедливо и в отношении технических систем.

⁸ На взгляд автора, в технических COTS-системах избыточность также типична, но в значительно меньшей степени.

5 Политика в отношении COTS

Правительства развитых стран придают большое значение использованию COTS в своих проектах и программах, а также для развития экономики. В США сдвиг в сторону COTS начался после рекомендаций Комиссии по государственным закупкам 1972 г.⁹. Так, в отношении космических программ США приоритет COTS прописан в Национальной космической политике (один из главных акцентов этого документа) [6, с. 10-11], поскольку использование функциональности и мощи коммерческих продуктов, минимизация специальных разработок дает значительные преимущества в этой области. Например, соблазнительно (особенно при дефиците госбюджета и необходимости экономии) вместо вложений правительственных средств в космос поощрять частный сектор развивать космические технологии, получать с этого налоги и использовать эти технологии в правительственных программах. Поэтому при прочих равных условиях приоритет в правительственных закупках США (в том числе для военного космоса) отдается COTS-продуктам, стимулируется развитие национального рынка COTS-продуктов, его диверсификация. Как отмечено в Национальной космической политике [6]:

- когда коммерческие космические возможности и услуги доступны на рынке и отвечают требованиям правительства США, следует в максимально возможной степени использовать такие возможности и услуги;
- когда существующие коммерческие возможности и услуги не полностью отвечают требованиям правительства, а их модификация - наиболее рентабельный и оперативный вариант, модифицировать эти возможности и услуги так, чтобы они удовлетворяли требованиям правительства;
- активно изучать возможности использования инновационных, нетрадиционных механизмов получения нужных правительству товаров и услуг для космоса, отвечающих его требованиям, включая образование частно-правительственных фирм (public-private partnerships), хостинг правительственных полезных нагрузок на коммерческие спутники (hosted payload - «подселенный оплаченный груз»)¹⁰, приобретение научной и оперативной информации у коммерческих спутниковых операторов для решения правительственных задач;
- разрабатывать правительственные космические системы только тогда, когда этого требуют национальные интересы и нет подходящих доступных, экономически эффективных коммерческих услуг (систем) Соединенных Штатов или, при необходимости, иностранных;
- воздерживаться от правительственных действий в области космоса, препятствующих космической деятельности частных фирм США или конкурирующих с ней, если этого не требует национальная или общественная безопасность;
- стремиться передавать рутинные, оперативные правительственные космические функции коммерческим фирмам, когда это выгодно и рентабельно, за исключением случаев, когда имеются препятствующие коммерциализации факторы юридические, а также общественной или государственной безопасности;
- стимулировать рост технологической инновационности и предпринимательства в коммерческом космическом секторе посредством конкурсов и призов;
- гарантировать в максимальной степени доступность космической техники и инфраструктуры правительства США для коммерческого использования на возмездной, справедливой основе;
- минимизировать (насколько возможно) регулирующее давление на коммерческую космическую деятельность и обеспечить современность и респонсивность¹¹ нормативно-правовой базы лицензирования космической деятельности;
- способствовать открытой и справедливой глобальной торговле путем поощрения соответствующих стандартов и правил, разработанных по инициативе индустрии США;

⁹ Kennedy Robert. «Technology Refreshment: A Management/Acquisition Perspective». Доступно 15.10.2019 по адресу: http://www.erols.com/scea/Conference00-pdfs/Technology_Refreshment-Kennedy.pdf.

¹⁰ На запланированный к запуску коммерческий спутник дополнительно за плату устанавливается и подключается к его системе жизнеобеспечения нужная правительству полезная нагрузка (payload). В этом случае правительство выступает клиентом коммерческой организации. Стоимость размещения полезной нагрузки по принципу «hosted payload» многократно ниже, чем её запуск отдельным спутником, а оперативность значительно выше. Естественно, необходимо, чтобы орбита коммерческого спутника подходила для конкретной полезной нагрузки.

¹¹ Респонсивность – способность оперативно удовлетворять запросы.

- поощрять покупку и использование коммерческих космических услуг и возможностей в системе международного сотрудничества. Активно продвигать экспорт коммерческих товаров и услуг США, включая производимые малыми и средними предприятиями, для использования на иностранных рынках, если это отвечает целям США по нераспространению и передаче технологий.

Таким образом, Национальная космическая политика определила новый акцент правительства США в космической сфере - коммерциализация для повышения эффективности и экономичности; COTS позволяет решать многие проблемы закупок быстрее, лучше (преимущество быстрых темпов технологического развития коммерческих продуктов), дешевле.

В Министерстве обороны (МО) США термин COTS приобрел популярность после выхода в июне 1994 г. Меморандума тогдашнего министра обороны У. Перри (William Perry) «Спецификации и стандарты - новый способ ведения бизнеса» [Specifications & Standards, 1994], установившего первую четкую политику использования COTS для удовлетворения потребностей МО. Там отмечено, что для удовлетворения своих будущих потребностей министерство обороны (МО) должно:

- больше использовать самые современные коммерческие технологии;
- избегать уникальных ведомственных требований к заказываемым ВВТ, где это возможно, и «в максимально возможной степени» использовать коммерческие спецификации и стандарты. Расширение использования коммерческих спецификаций и стандартов - одна из важных мер МО для того, чтобы оно могло соответствовать военным, экономическим и политическим целям правительства в будущем.
- В основе отмеченного Меморандума У. Перри лежат 2 фактора:
- стоимость жизненного цикла (ЖЦ) специальных военных систем быстро растет, и бюджету все труднее справляться с этим ростом. Особенно привлекательно использование COTS для снижения затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание вооружения и военной техники (ВВТ), поскольку они составляют примерно 70% затрат ЖЦ типичной системы ВВТ МО США;
- замещение специальных систем рыночными может значительно снизить стоимость ЖЦ;
- время разработки специальных военных систем часто занимает от 8 до 15 лет, и с ростом сложности систем время их разработки увеличивается. Так, от начала разработки до ввода в эксплуатацию истребителя F-15 «Eagle» прошло 9 лет (1967 – 1976 гг.), многоцелевого самолета F-22 «Raptor» – 17 лет (1986-2003 гг.), многоцелевого самолета F-35 Joint Strike Fighter (JSF) более 20 лет (1996 г. – ориентировочно 2020 гг.). Время разработки коммерческих систем в разы меньше, а темп обновления в разы выше, чем военных, поэтому использование COTS-систем может значительно повысить потенциал ВС.

Для реализации концепции COTS создаются институциональные условия. Так, «Руководство по федеральным закупкам» США, часть 12 «Закупка коммерческих продуктов» («Federal acquisition regulation» Part 12 - Acquisition of Commercial Items) [4] определяет единую политику и процедуру правительственных закупок коммерческих продуктов. Определенность и стабильность этих факторов важны для развития рынка COTS, ибо, как известно, стабильность условий среды – необходимое условие всякого развития (фактор эволюционного отбора).

Заключение

Концепция COTS очень перспективна для повышения экономичности и эффективности правительственных программ. Например, ожидается, что её реализация приведет к:

- постепенному снижению стоимости многих вооружений в разы;
- ускорению развития космических технологий и удешевлению услуг космического транспорта.

А это может дать мощный импульс развитию разнообразного частного бизнеса, в том числе в космической сфере – космический туризм, макромолекулярный синтез и получение новых лекарственных препаратов в условиях микрогравитации, коммерческие исследовательские проекты и пр.¹², предоставит новые возможности для военного использования космоса. Увеличение потока грузов и людей между Землей и ближним космосом даст новый импульс развитию коммерческого космического транспорта, росту конкуренции в этой сфере. Уже первые полеты коммерческих

¹² Так, с расчетом на космические корабли COTS американская фирма Bigelow Aerospace работает над созданием коммерческой космической станции для космического туризма и пр. Ею уже запущен в космос ряд надувных прототипов. На 2020 г. запланирован запуск надувного корабля В330 (вес примерно 23 тонны) с комплексированием его с МКС.

космических кораблей по программе CRS¹³ оказались значительно дешевле ранее используемых в мире, что изменило распределение рынка транспортировки грузов на околоземную орбиту.

Программа COTS, на взгляд автора, прежде всего конкурентная стратегия. Она не входит в число известных конкурентных стратегий (их всего 2 (М. Портер): лидерства по издержкам (на широком рынке и сфокусированная), и дифференциации (на широком рынке и сфокусированная). Особенность в том, что известные конкурентные стратегии – это стратегии отдельных фирм и их объединений, а здесь речь идет о конкурентной стратегии государства.

COTS – интегральная конкурентная стратегия, в которой просматриваются преимущества всех четырех отмеченных конкурентных стратегий плюс направленность на опережающую инновационность (технологический отрыв). Посредством COTS США, например, стремятся значительно снизить издержки на правительственные (в т.ч. космические) программы, ускорить эти программы и стимулировать развитие высокотехнологичного COTS-бизнеса, его инновационность – но только у себя, для повышения своей конкурентоспособности, а потому принимают серьезные меры к нераспространению технологической волны, которую пытаются породить с помощью COTS, за пределы своих границ.

В результате реализации стратегии США планируют ускорить развитие своей экономики, увеличить технологический отрыв от основных конкурентов (Китай, Япония, Европа) и повысить возможности ВС. Вместе с тем, в отношении COTS США находятся в исключительном положении: у них самый развитый высокотехнологичный рынок COTS, всё менее доступный другим государствам и зарубежным фирмам (в том числе европейским) в силу ужесточения ограничений на экспорт техники и технологий.

Это – вызов для основных конкурентов США, а также для основных игроков на рынке космических изделий и услуг (Китай, Европа, Россия, Индия).

Литература

1. Конопатов С.Н. Военный космос США: проблемы закупок в контексте цивилизационного вызова. // Россия и Америка в XXI веке. -2013. №1.
2. Конопатов С.Н. Военный космос США: подходы к решению проблем закупок // Россия и Америка в XXI веке. -2013. - №2. <<http://www.rusus.ru/?act=read&id=373>>.
3. Конопатов С.Н., Старожук Е.А. Космические системы в новой среде безопасности. Военная мысль. – 2019. №1. С.107 – 120.
4. *A Journey to Inspire, Innovate, and Discover*. Report of the President's Commission on Implementation of United States Space Exploration Policy. June 2004.
5. <http://www.nasa.gov/pdf/60736main_M2M_report_small.pdf>.
6. Basili Victor R., Boehm Barry. COTS-Based Systems Top 10 List. // *Software management*, May 2001. Pp. 91-93.
7. <<http://www.cs.umd.edu/~basili/publications/journals/J82.pdf>>.
8. Federal acquisition regulation. Part 12 «Acquisition of Commercial Items». <<https://www.acquisition.gov/far/html/FARTOCP12.html>>.
9. National Space Policy of the United States of America. Washington, the White House, 2010. -14 p.
10. <[Http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf)>.
11. Operation of the Defense Acquisition System. Department of Defense. Instruction № 5000.02. December 8, 2008.
12. <<http://www.acqnotes.com/Attachments/DoD%20Instruction%205000.2.pdf>>.
13. Specifications & Standards - A New Way of Doing Business. Memorandum of the Secretary of Defense №20301-1000. Washington DC, June 1994.
14. <<http://sw-eng.falls-church.va.us/perry94.html>>.
15. The Defense Acquisition System. Department of Defense Directive № 5000.01. May 12, 2003. Certified Current as of November 20, 2007.
16. <<http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/500001p.pdf>>.

¹³ *Commercial Resupply Service*.