

Выбор стиля. Оптимизация визуального представления программы.

Грубо говоря, очевидно, что некоторые виды форматирования лучше других.

— Стив Макконелл, *Совершенный код*.

Рискуя вызвать резкое неудовольствие со стороны моих коллег, я применяю принципы, в которые верю с какой-то безрассудной односторонностью. Частично я это делаю в силу того, что в отдельных случаях полезно изложить свою точку зрения с голой простотой и тем самым предоставить дальнейшую шлифовку своей концепции последующим ударам и контрударам критики.

— Рудольф Арнхейм, *Искусство и визуальное восприятие*.

Вступление

Компьютерный язык — это не просто способ заставить компьютер производить вычисления, а новое формальное средство выражения методологических идей. Таким образом, программы должны писаться для того, чтобы их читали люди, и лишь во вторую очередь для выполнения машиной.

— Харольд Абельсон, Джеральд Д. Сассман, *Структура и интерпретация компьютерных программ*.

Соотношение времени чтения и написания кода превышает 10:1. ... Из-за столь высокого соотношения наш код должен легко читаться, даже если это затрудняет его написание.

— Роберт Мартин, *Чистый код: создание, анализ и рефакторинг*.

Наверно, никому не надо доказывать то, что *легкость восприятия* текста программы является одним из решающих факторов, определяющих успешность её сопровождения и развития.

Обычно, когда оценивают текст программы с точки зрения ее *легкости восприятия*, используют термин *удобочитаемость*. Строго говоря, это не совсем одно и то же, поскольку, как будет показано дальше, процесс восприятия программы это больше, чем просто чтение. Тем не менее, поскольку речь идет о тексте, и термин *удобочитаемость* можно считать достаточно устоявшимся, я также буду использовать его в этом смысле.

Для поддержания удобочитаемости кода в процессе разработки программы обычно договариваются о некотором общем своде правил форматирования (стиле) исходного кода. Уже само по себе наличие таких правил, несомненно, оказывает положительное влияние на его качество и удобочитаемость, так как формирует у программистов определенные привычки

относительно тех языковых конструкций, которые они ожидают увидеть в тексте программы.

Тем не менее, сами правила часто вызывают вопросы, поскольку критерии их выбора неясны, и сами правила нередко противоречат аналогичным в других подобных стилях.

Правила задают конкретные детали оформления кода в целях поддержания удобочитаемости, но при этом отсутствует понимание того, как эти правила помогают ее достичь. Решение инженерной задачи формирования удобочитаемого, то есть оптимального с точки зрения легкости восприятия текста программы, подменяется слепым следованием формальным и часто произвольно выбранным правилам. В результате часто приходится слышать высказывания о том, что использование того или иного стиля это всего лишь «дело вкуса».

Механизмы восприятия и обработки человеком визуальной информации (и текстов, в частности) обладают определенными возможностями и имеют свои ограничения, которые в конечном счете определяют то, как много усилий потребуются для корректного и полного восприятия представленной информации. Следовательно, в своей основе *удобочитаемость* текста определяется тем, насколько его визуальное представление учитывает специфические особенности этих общих механизмов восприятия, и поэтому является *объективной характеристикой* качества визуального представления текста. Это означает, что можно говорить об *объективной удобочитаемости* текста, которая не зависит от субъективных предпочтений и привычек отдельного индивидуума, а имеет всеобщий характер для всех людей в нормальном психическом и физическом состоянии.

Программы отличаются от обычных текстов. Программы составлены из ограниченного набора слов и организованы иначе, чем обычные тексты: в них широко используются формально определенные структуры, обозначаемые в тексте с помощью специальных синтаксических конструкций. Кроме того, существует и семантическое отличие. Восприятие обычного текста, в общем случае, состоит из двух параллельных фаз: восприятие самого текста и осмысление того, о чем он повествует. Когда речь идет о коде, осмысление означает осознание синтаксической и семантической структур программы, но также включает и осознание операционной семантики программы, то есть того, как изменяется состояние программы в процессе её выполнения.¹ Процесс чтения программы также отличается от чтения прозы. Кроме непосредственно чтения текста, программисту приходится также *сканировать* текст с целью восприятия основных элементов верхнего уровня её иерархической структуры, осуществлять поиск отдельных идентификаторов, переходить от одного места в программе к другому, возможно расположенному в другом файле.

Легкость восприятия визуального представления структуры программы оказывается не менее важной, чем легкость восприятия ее текста как такового.

Таким образом, кроме оптимизации непосредственно чтения, необходимо оптимизировать задачу поиска в иерархической логической структуре. Фактически, мы приходим к задаче формирования *визуального представления* программы, оптимальным способом отражающим ее структуру, то есть *изображения*, в котором отдельные, легко различаемые его области соотносятся со структурными элементами программы.

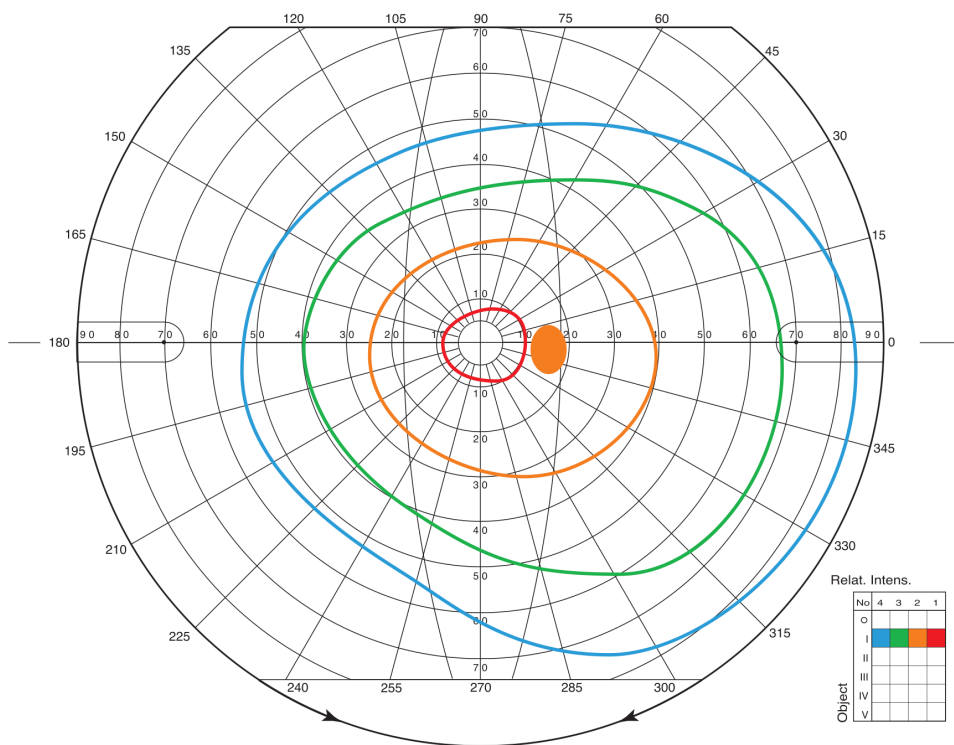
Давайте посмотрим подробнее, на то, что нам известно о механизмах восприятия зрительной информации, чтения текстов в целом и чтении и восприятии текстов программ.

Особенности зрения человека ²

Поле зрения человека достаточно велико: 55° вверх, 60° вниз, 90° наружу (то есть суммарное поле зрения двумя глазами — 180°) и 60° внутрь. Однако внутри этого поля острота зрения и цветовосприятие распределены неравномерно: острота зрения порядка 1' достигается в области *фовеа*, формирующей ~2° центрального (*фовеального*) зрения, но она не так хороша в *парафовеальной* области (которая покрывает 5° в сторону от точки фиксации) и еще хуже на периферии.

Подобным же образом от центра к краю падает и способность различать цвета, причем это изменение различно для разных цветовых компонент. Можно сказать, что, двигаясь от центра человеческой сетчатки к периферии, мы как бы оказываемся на более ранних этапах эволюции, переходя от наиболее высоко организованных структур к примитивному глазу, который различает лишь простое движение теней.

Поле зрения правого глаза человека. Оранжевое пятно — место проекции слепого пятна глазного дна. ([оригинал](#))



В современной нейropsychологии существует представление о двух различных зрительных системах: так называемом *амбьентном* зрении (от фр. *ambiance* = окружение) и о *фокальном* зрении. В то время как первая, эволюционно более древняя, ответственна за динамическую пространственную локализацию, вторая занимается идентификацией объектов.

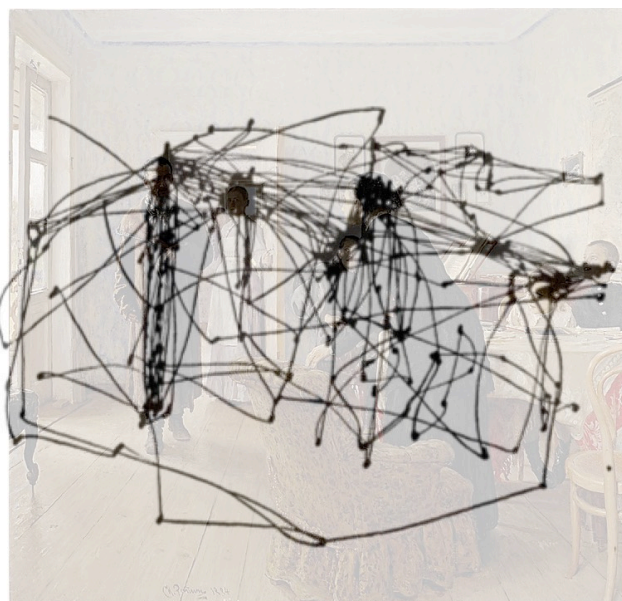
Сравнительные признаки фокальной и амбьентной систем

Зрительная система	Фокальная	Амбьентная
Структуры коры	Вентральный поток	Дорзальный поток
Функция	Что	Где/Как
Включенность в движение	Меньше	Больше
Осознание/Память	Больше	Меньше или отсутствует
Временные свойства	Медленная	Быстрая
Чувствительность к освещению	Высокая	Низкая
Пространственное разрешение	Высокое	Низкое

Объекты, представляющие собой источник нужных сведений, распределены далеко неравномерно. Обычно они локализованы в небольших участках поля зрения. При этом с помощью амбьентного зрения обнаруживается потенциально интересный объект или элемент объекта, а при помощи фокального зрения направленного на объект, эти сведения воспринимаются и анализируются более детально. Сталкиваясь с новой ситуацией или с новым объектом, мы, как правило, сначала смотрим «широким полем» и лишь затем концентрируем наше внимание на деталях.

Обследование окружения и выбор объектов для детальной обработки осуществляется с помощью движений головы и тела, на которые накладывается тонкий узор движений глаз. Наиболее известной их разновидностью являются *саккады* — чрезвычайно быстрые (~500°/сек) скачки баллистического типа, меняющие положение глаз в орбите и позволяющие выделять фрагменты сцены для последующей *фиксации*.

Репродукция картины И. Е. Репина и запись движений глаз испытуемого. ³



Начало исследованиям соотношения амбьентной (глобальной) и фокальной (локальной) зрительной обработки было положено в экспериментах Дэвида Навона в 1977. Он предъявлял испытуемым большие буквы, состоявшие из маленьких букв. Некоторые из этих составных стимулов были «однородными» — глобальная форма и локальные элементы представляли собой одну и ту же букву. Другие были «неоднородными» — глобальная и локальные буквы были разными (скажем, «Е» и «S»). Испытуемые должны были как можно быстрее идентифицировать глобальную или локальную букву.

F F F F	T T T T
F	T
F	T
F F F F	T T T
F	T
F	T
F	T
F	T

Оказалось, что при настройке на глобальную форму она идентифицируется быстро и без всякой интерференции со стороны совпадающих или несовпадающих букв локального уровня. При настройке на идентификацию деталей картина была иной. Во-первых, ответы были более медленными. Во-вторых, в случае неоднородных стимулов ответы дополнительно замедлялись и становились менее точными. Очевидно, настраиваясь на детальную обработку, мы не всегда можем игнорировать глобальную информацию.

В результате исследований отношения глобальной и локальной обработки, тестируемые с помощью супербукв Навона, была обнаружена возможно дифференциальная роль задних отделов левого и правого полушарий. При этом левое полушарие оказалось скорее регулятором настройки на детали, а правое — на глобальные очертания. Чрезвычайно интересным оказалось влияние эмоций: отрицательные эмоции, в отличие от положительных, усиливали установку на восприятие деталей.

Интересной особенностью нашего зрения является способность воспринимать группу объектов как единое целое. Так на изображении ниже мы видим собаку, а не просто набор хаотических пятен:

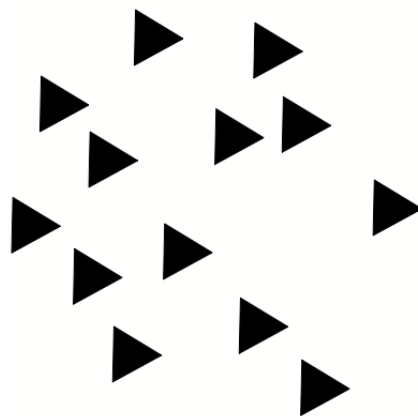


А здесь мы ясно различаем квадрат и круг ⁴ :



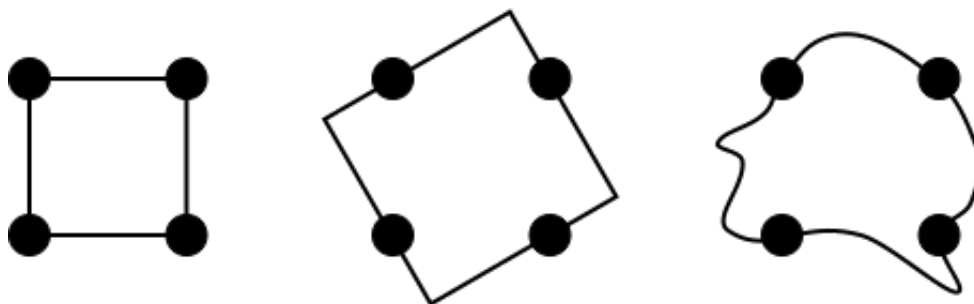
Есть множество объяснений возникновения подобных иллюзий. С точки зрения когнитивной биологии потребность видеть формы, грани и движения (а также лица) была продиктована необходимостью в выживании. Таким образом, даже при отсутствии реальных линий или форм наша сенсорно-когнитивная система использовала частичную информацию, чтобы создать эти формы в попытке сделать понятным внешне хаотический мир.

Посмотрите на рисунок ниже, и вы увидите как с течением времени ориентация треугольников меняется с одного направления на другое, третье ⁵ .



Наш мысленный взгляд постоянно ищет альтернативную перцептивную организацию. При этом попытки увидеть эти треугольники как направленные в разные стороны требуют больших ментальных усилий, возможны только для небольшого их числа и оказываются менее устойчивыми.

Первыми это явление стали изучать гештальтпсихологи. Так, они сформулировали основной закон зрительного восприятия, согласно которому *любая стимулирующая модель воспринимается таким образом, что результирующая структура будет, насколько это позволяют данные условия, наиболее простой*. Поэтому мы воспринимаем квадрат именно так, как он изображен слева, а не каким-то другим образом: ⁴



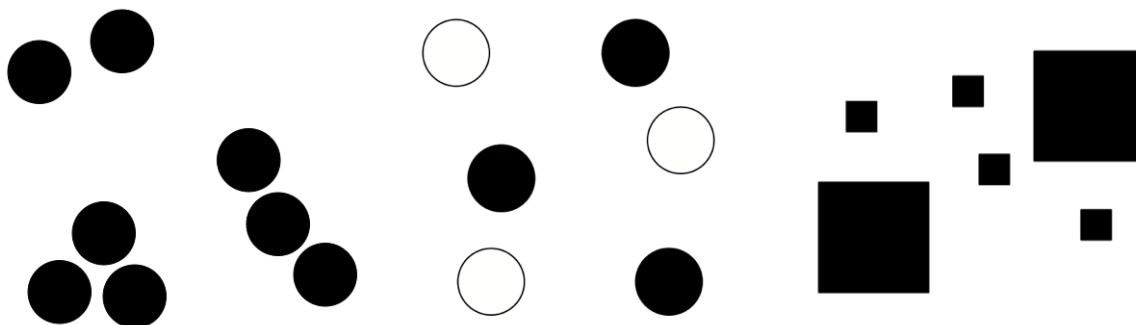
Очевидно, что найденная визуальная структура имеет своей целью быть сопоставленной с определенной логической (смысловой) структурой.

Гештальтпсихологи также сформулировали 6 принципов перцептивной организации. В соответствии с этими принципами *объекты, которые*

- *расположены близко друг к другу («закон близости»),*
- *имеют похожие яркостные и цветовые характеристики («сходства»),*
- *ограничивают небольшую, замкнутую («замкнутости»),*
- *и симметричную область («симметрии»),*
- *естественно продолжают друг друга («хорошего продолжения»),*
- *двигутся примерно с равной скоростью в одном направлении («общей судьбы»),*

скорее будут восприняты как единое целое, или фигура, а не как разрозненные элементы среды, или фон.

На иллюстрациях ниже ⁴ показаны примеры сходства по близости, цвету и размеру.



В случае конкуренции нескольких факторов перцептивной организации преимущество, как правило, отдается фактору *близости*, а затем фактору *сходства по окраске, ориентации или размеру*.

Учет этих принципов оказывается важным в случае перцептивного поиска или восприятия, поскольку, *если информация организована в соответствии с этими принципами, решение поставленной задачи требует меньших усилий за счет того, что перцептивное поле подвергается группировке, и на образовавшиеся группы элементов последовательно выделяется всё меньшая доля общих ресурсов.* Распределение ресурсов внутри каждой группы оказывается примерно равномерным.

Задачи зрительного поиска обычно затрудняются при добавлении irrelevantных объектов — дистракторов. Однако *в случае, когда дистракторы образуют визуально компактные группы, позволяющие игнорировать их как целое, их добавление наоборот может значительно облегчить поиск.*

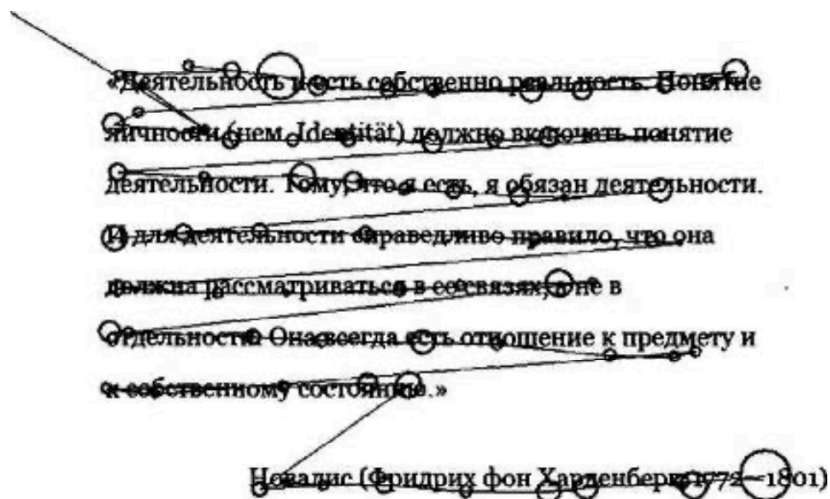
Левое и правое полушарие обрабатывают сенсорную информацию от правого и левого поля зрения соответственно. Из-за асимметрии в том, за что отвечают правое и левое полушарие, можно ожидать, что подобно асимметрии между левой и правой рукой существует некоторая асимметрия в том, как мы воспринимаем левое и правое визуальные поля.

Действительно, в сценическом искусстве известно, что существует разница между левой и правой половиной сцены: как только подымается занавес в начале акта, зрители начинают смотреть в левую сторону сцены. Левая сторона сцены считается более сильной. В группе из двух или трех актеров тот, кто стоит с левой стороны, будет в данной сцене доминировать. Аналогично в изобразительном искусстве известно, что зритель воспринимает рисунок, как если бы он свое внимание сосредоточил на левой стороне рисунка. Субъективно он отождествляет себя с левой стороной, и все, что появляется в этой части картины, имеет большое значение. Таким образом, кроме естественной точки равновесия в центре визуальной сцены, формируется дополнительный центр в ее левой части ⁴.

Как мы читаем обычные тексты ⁶

Когда мы читаем, наши глаза непрерывно совершают быстрые механические (т.е. не контролируемые сознанием) движения, *саккады (saccades)*. В среднем их длина составляет 7-9 символов. В это время мы не получаем новой информации. Основная функция саккад заключается в перемещении новой области текста в область фовеального зрения (2° центральной области видимости) для детального анализа, потому что чтение в области парафовеального или периферического зрения сильно затруднено или невозможно.

Типичная картина движений глаз при чтении ²



Между саккадами наши глаза остаются относительно неподвижными на время *фиксаций* (*fixations*) (около 200 – 300 мс). В течение этого периода мы распознаем видимую часть текста и планируем, куда совершить следующий переход.

Порядка 10–15% времени читающие переводят свой взгляд назад в тексте (*regressions*), чтобы повторно прочитать то, что уже было прочитано. С возрастанием трудности текста увеличивается продолжительность фиксаций и частота регрессий, а длина саккад уменьшается.

Размер *области восприятия* (*perceptual span*) относительно невелик: в случае алфавитных орфографий (напр. для европейских языков) эта область начинается от начала фиксированного слова, но не более, чем на 3-4 буквы слева от точки фиксации, и распространяется приблизительно на 14-15 размеров букв вправо от этой точки (суммарно 17-19 букв).

Область идентификации (*identification span*), то есть область видимости, необходимая для идентификации фиксированного слова меньше, чем область восприятия и, как правило, не превышает 7-8 размеров букв справа от фиксации (суммарно порядка 10-12 букв).

В работе [Morrison & Rayner, 1981](#) было показано, что длина саккады (а следовательно и области восприятия) задается именно в размерах букв, а не угловых величинах, и не изменяется с изменением расстояния от глаза до монитора с текстом.

Доступность первых 3 буквы слова во время предыдущей фиксации приводит к снижению времени фиксации на этом слове. Некоторые исследователи также показали, что информация о буквах справа от фиксации может быть использована для определения должно ли следующее слово быть пропущено.

Большинство исследователей полагают, что информация о границах слова (обеспечиваемая промежутками между словами) является основным фактором в определении места следующей фиксации. Длина саккады зависит как от длины фиксированного слова, так и от длины слова, следующего за ним.

В большинстве случаев чтение замедляется (в среднем на 30%) при отсутствии информации о промежутках (между словами). Отсутствие такой информации приводит к нарушению как процессов идентификации слова, так и перемещения взгляда. Наоборот, добавление такой информации облегчает чтение. Так, существуют данные, показывающие, что при разделении

слов в тексте на тайском языке (для людей, которые никогда прежде не читали такие тексты с разделением слов пробелами), чтение осуществлялось более эффективно.

Информация о длине слова также играет явную роль в определении того, где должна располагаться точка фиксации. Хотя присутствует некоторая вариативность в том, где внутри слова останавливается взгляд, как правило первая фиксация на слове осуществляется в *предпочитаемой точке взгляда (preferred viewing location)*, где-то на расстоянии 1/4 длины слова от его начала.

Когда промежуток между текущим и следующим словами попадает в парафовеальную область, первая фиксация на следующем слове происходит ближе к предпочитаемой точке, чем когда этот промежуток оказывается за ее пределами.

Оптимальная позиция взгляда (optimal viewing position) – это такая позиция, в которой время распознавания слова минимально. Эта позиция сдвинута чуть правее от предпочитаемой позиции взгляда ближе к середине слова.

Несмотря на то, что в среднем позиция первой фиксации на слове лежит между началом слова и его серединой, эта позиция может меняться в зависимости от расстояния до предыдущей точки фиксации. Например, если расстояние до целевого слова большое (8-10 размеров букв), положение следующей фиксации сдвигается влево. Соответственно, если расстояние мало (2-3 размера букв), положение фиксации сдвигается вправо.

Позиция первой (и возможно единственной) фиксации на слове лежит между началом и серединой слова для слов длиной 4-10 буквы. Однако для более длинных слов наблюдается тенденция делать первую фиксацию ближе к началу слова и затем делать вторую ближе к концу слова.

Информационная плотность (или морфологическая структура) слова влияет на продолжительность фиксаций на каждой части слова. Например, было замечено, что если слово было возможно распознать по первым 6 буквам (слова были в среднем длиной около 12 букв), то, в общем случае, после первой фиксации в первой половине слова, взгляд переходил к следующему слову; в случаях, когда фиксация во второй части все же осуществлялась, то она была очень короткой. Однако в случае, когда слово могло быть распознано только по его окончанию, первая фиксация была короткой, а вторая, на конце слова, более длинной.

Таблица 1. Приблизительные средние значения продолжительности фиксаций и длин саккад при чтении и поиске

Задача	Средняя продолжительность фиксации (мс)	Средний размер саккады (градусы)
Чтение	225	2 (~ 8 букв)
Чтение вслух	275	1.5 (~ 6 букв)
Визуальный поиск	275	3
Восприятие сцен	330	4
Чтение нот	375	1
Печать	400	1 (~ 4 буквы)

В отношении визуального поиска установлено, что когда цель находилась в области с небольшим эксцентриситетом (отклонением от центра сцены), она обнаруживалась точно, с использованием одной саккады; когда цель располагалась ближе к периферии, наблюдались саккады в ложных направлениях (до 40% по времени). При сложных задачах поиска глаза изначально направлялись к центру сцены и затем к центрам рекурсивно меньших групп объектов до тех пор, пока цель не была найдена.

Результаты исследований механизмов понимания программ⁷

Концепции и терминология

Ментальная модель описывает мысленное представление разработчика о программе, которую необходимо понять, в то время как *когнитивная модель* описывает познавательные процессы и временные информационные структуры, которые используются для формирования ментальной модели в сознании программиста.

Планы программирования (programming plans) – это общие фрагменты кода, представляющие типичные сценарии в программировании. Например, программа сортировки будет содержать цикл для сравнения двух чисел в каждой итерации. Планы программирования также часто называют *клише* и *схемы*. *Делокализованные планы (delocalized plans)* возникают, когда план программирования реализуется в различных частях программы. Наличие делокализованных планов усложняет понимание программ.

Маяками (beacons) называют узнаваемые, характерные элементы кода, которые служат признаками присутствия в нем некоторых структур. Например, имя процедуры может указывать на реализацию определенной функции.

Правила написания программ (rules of programming discourse) охватывают принятые соглашения, такие как стандарты кодирования и реализации алгоритмов. Эти правила формируют определенные ожидания в сознании программиста.

Модель понимания от общего к частному

В этой модели предполагается, что процесс понимания программы происходит от общего к частному, когда воссоздание знания о прикладной области программы отображается затем на код программы. Процесс начинается с формулировки гипотезы об общем характере программы. Первичная гипотеза затем уточняется иерархическим способом путем формирования вспомогательных гипотез. Вспомогательные гипотезы уточняются и оцениваются в первую очередь по глубине. Верификация (или отклонение) гипотез сильно зависит от отсутствия или наличия маяков.

Процесс понимания программы от общего к частному используется, когда код программы или его вид знаком. При этом опытные программисты используют маяки, планы программирования и правила написания программ для декомпозиции целей и планов в планы более низкого уровня.

Понимание от частного к общему

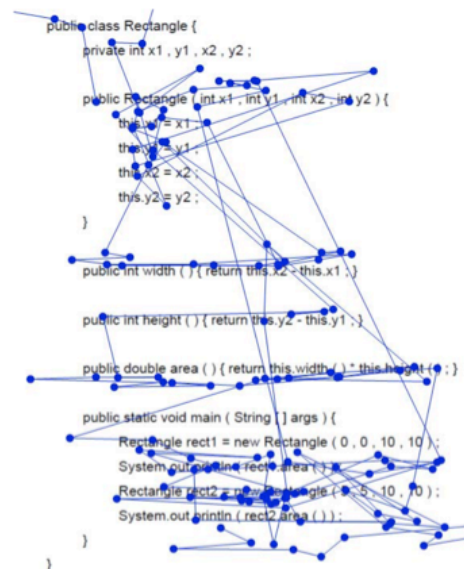
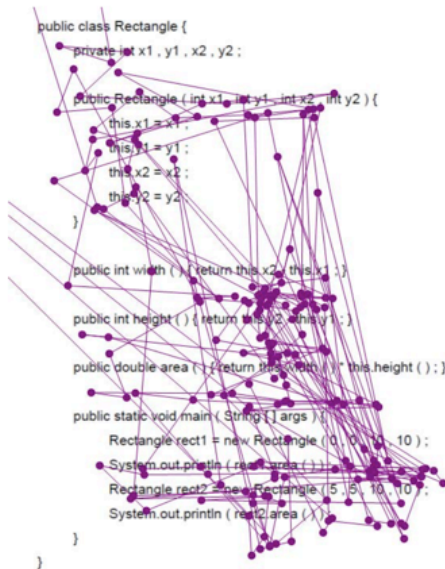
Теория понимания программ от частного к общему предполагает, что программисты сначала читают код и затем мысленно группируют утверждения в коде в абстракции более высокого уровня. Эти абстракции в дальнейшем также группируются, и этот процесс повторяется пока не достигается высоко-уровневое понимание программы.

Оппортунистическая и систематические стратегии

При использовании этих стратегий программисты либо систематически читают код в деталях, отслеживая потоки управления и данных в программе, для получения целостного понимания программы, либо читают его по необходимости, фокусируясь только на коде, относящемся к текущей задаче. В первом случае, программисты получают как статическое знание о программе (информацию о ее структуре), так и знание о причинно-следственных связях в ней (знание о взаимодействии между компонентами при их выполнении). Это позволяет им сформировать ментальную модель программы. При оппортунистическом подходе программисты в основном получают статическое знание, приводящее в результате к формированию более слабой ментальной модели работы программы. Это приводит к большему числу ошибок, так как программисты не могут распознать причинно-следственные связи между компонентами внутри программы.

Стратегии чтения программного кода ⁸

На рисунке ниже представлены траектории движения глаз двух программистов-экспертов при чтении одного и того же кода:



Перед этими программистами были поставлены разные задачи: так, от первого (рис. слева) ожидали получить ответ, чему равно `rect2.area()`, второго предупредили, что ему будет задан вопрос относительно алгоритма с возможностью выбрать ответ из списка возможных.

Как мы можем видеть эти траектории достаточно сильно различаются, что связано, по-видимому, как с разными задачами, поставленными перед ними, так и их индивидуальными особенностями.

Авторы эксперимента описывают манеру чтения кода первым испытуемым как совершенно непредсказуемую, когда он перескакивал с одного места на другое, практически нигде не задерживаясь на сколько либо продолжительное время.

Второй же испытуемый, по словам экспериментаторов, читал код медленно и методически.

Действительно на иллюстрации слева мы наблюдаем достаточно хаотическую траекторию с большим количеством длинных вертикальных саккад, а на правой – преимущественно горизонтальные саккады, большинство из которых можно связать с чтением текста так такового.

Можно говорить о том, что в первом случае мы видим доминирование быстрого амьбентного зрения, в то время как во втором — медленного фокального.

Авторы описывают следующие базовые типы движений глаз, составляющие более сложные стратегии чтения кода:

Тип	Описание
Flicking	Взгляд перемещается вперед и назад между двумя соотносящимися элементами, такими как списки формальных и актуальных параметров метода.
JumpControl	Взгляд переходит на следующую строку, следуя за потоком выполнения.
JustPassingThrough	Фиксации на свободном месте в процессе перехода куда-то еще.
LinearHorizontal	Целая линия последовательно и равномерно читается целиком слева направо или справа налево.
LinearVertical	Текст читается строка за строкой, как минимум, для трех строк, независимо от потока выполнения программы, не различая сигнатуру и тело функции.
RetraceDeclaration	Частые, повторяющиеся скачки между местами использования и определения переменных. Вид Flicking.
RetraceReference	Частые, повторяющиеся скачки между местами использования переменных. Вид Flicking.
Scan	Первичное поверхностное чтение всех строк кода сверху-вниз. Подготовительное чтение всей программы, которое занимает 30% времени на ее обзор (review).
Signatures	Все сигнатуры функций просматриваются, перед тем как начать изучение тела метода/конструктора.
Thrashing	Взгляд перемещается быстро и неконтролируемо в последовательности, которая кажется не имеет какого-то определенного смысла.
Word(Pattern)Matching	Простое сопоставление визуальных шаблонов.

Роль идентификаторов ⁹

Идентификаторы в коде программы часто выполняют роль маяков для планов программирования, поддерживающих ментальные модели более высокого уровня. Идентификаторы составляют примерно 70% исходного кода.

В общем случае, использование целых слов в идентификаторах приводит к лучшему восприятию программы, чем при использовании сокращений.

Идентификаторы, которые нарушают некоторые правила, приводят к более низкому качеству кода (больше ошибок).

Использование более длинных имен снижает правильность и требует больше времени для запоминания.

При сравнении эффективности использования идентификаторов, использующих camelCase нотацию и нотацию с подчеркиванием, в задаче поиска было показано, что хотя вид использованной нотации не влияет на аккуратность результата, использование идентификаторов с подчеркиванием требует меньше времени и усилий для достижения того же результата.

При исследовании влияния разных видов заполнений промежутков между словами на время чтения было обнаружено, что скорость уменьшалась на 10-75% в зависимости от вида заполнителя.

Обобщение результатов

Визуальное представление

Априори мы знаем, что программа имеет определенную логическую и синтаксическую структуры, и ожидаем, что структура ее визуального представление будет соответствующим образом отражать их.

Как говорилось выше, наш мозг находится в постоянном поиске некоторого оптимального варианта интерпретации визуальной сцены, позволяющего объяснить ее наиболее простым образом. Поэтому можно утверждать, что, чем более явно сформирована визуальная структура, и чем более точно она отражает структуру программы, тем меньше ментальных усилий мы затратим на восприятие этой программы.

При визуальном восприятии программы, мы получаем первое впечатление и оцениваем визуальную структуру текста главным образом за счет амьентного зрения, обладающим малой остротой и цветовосприятием, ухудшающимися от центра к краю. Быстрое амьентное зрение помогает нам выделить точки интереса в коде для его дальнейшего анализа и чтения с помощью медленного фокального зрения.

Это значит, что, говоря об общей визуальной структуре текста программы, мы должны перейти из области фокального зрения, то есть из мира строк, букв и символов, в область амьентного зрения, то есть в область пятен и соотношений между ними.

Последовательность основных структурных элементов в программе располагается в вертикальном направлении, соответственно и при оценке общей визуальной структуры программы при охвате её «широким взглядом» преобладает вертикальное движение глаз, сопровождающееся небольшими отклонениями по горизонтали.

Горизонтальное движение взгляда, связанное с переходом к фокальному зрению и непосредственно чтению, позволяет нам получить детали этих элементов.

Соответственно, для корректной оценки общей структуры программы важно сформировать корректную визуальную структуру в вертикальном направлении.

Связанные области текста могут состоять из строк одинаковой структуры. В этом случае имеет смысл сгруппировать одинаковые элементы строк, подчекнув тем самым их горизонтальную структуру.

Например, в определении функции нам необходимо визуально разделить объявление функции, включающее её имя, возвращаемый тип, список параметров, и тело функции. Внутри тела функции необходимо разделить код инициализации начальных переменных, тело основного алгоритма, формирование и возвращение результата. В свою очередь, внутри кода инициализации нам надо разделить область типов, имен переменных и присваиваемых им значений.

Таким образом, мы структурируем текст как по вертикали, так и по горизонтали. В первом мы случае выполняем эти разделения посредством добавления пустых строк. Во втором – мы используем отступы и выравнивание.

Отступы служат для формирования визуального представления иерархии в структуре программы между элементами, находящимися на разных строках.

Рассмотрим следующий пример:

```
let success = reticulateSplines(  
  spline: splines,  
  adjustmentFactor: 1.3,  
  translateConstant: 2,  
  comment: "normalize the display")
```

Список аргументов представлен в виде колонки и имеет отступ относительно первой строки. Достаточно ли этого отступа для того, чтобы правильно отобразить логическую структуру программы? Очевидно, что нет.

Правило сходства по близости связывает список аргументов с именем переменной сильнее, чем с именем функции даже несмотря на то, что благодаря подсветке синтаксиса формируется сходство по цвету. Но что случится, если алгоритм подсветки изменится? Вот как выглядел этот же код на gitlab:

```
let success = reticulateSplines(  
  spline: splines,  
  adjustmentFactor: 1.3,  
  translateConstant: 2,  
  comment: "normalize the display")
```

В данном случае подсветка синтаксиса еще больше ухудшила ситуацию, поскольку правило сходства по цвету теперь также усиливает связь аргументов с именем переменной. Имя функции здесь как бы и ни при чем.

При сканировании текста, такое расположение провоцирует движение глаз от результирующей переменной `success` сразу к столбцу списка аргументов и только потом регрессию к имени функции.

Рассмотрев этот пример, нужно отметить, что несмотря на то, что подсветка синтаксиса часто облегчает восприятие кода при его написании, нельзя принимать ее во внимание при оценке того, насколько удобочитаемым и правильно отражающим структуру программы является её конкретное визуальное представление.

Чтобы правильно отобразить логическую структуру этого кода в его визуальное представление, необходимо, чтобы список аргументов имел отступ не относительно начала строки, а относительно начала имени функции:

```
let success = reticulateSplines(  
    spline: splines,  
    adjustmentFactor: 1.3,  
    translateConstant: 2,  
    comment: "normalize the display")
```

В этом варианте явно видно, что список аргументов функции синтаксически является частью выражения вызова функции и логически представляет собой набор параметров, который преобразуется посредством вызова функции

В этом варианте визуальная структура подчеркивает тот факт, что результирующая величина получается как вызов функции

Для оценки визуальной структуры проведем тест, аналогичный "тесту с прищуриванием" (*squint test*), популярному у разработчиков пользовательского интерфейса. Смысл этого теста заключается в том, чтобы попробовать сформировать расфокусированное изображение интерфейса, и оценить какое общее представление получает о нем пользователь в самый первый момент времени. Мы отключим подсветку синтаксиса для того, чтобы исключить группировку по фактору сходства по окраски, которую мы не контролируем:

```
let success = reticulateSplines(  
    spline: splines,  
    adjustmentFactor: 1.3,  
    translateConstant: 2,  
    comment: "normalize the display")
```

Видно, что имя функции и список аргументов формируют сильно связанную область. Однако при использовании двух пробелов для отступа подчиненность списка аргументов относительно имени функции выглядит недостаточно выразительно. Использование четырех пробелов помогает решить эту проблему:

```
let success = reticulateSplines(  
    spline: splines,  
    adjustmentFactor: 1.3,  
    translateConstant: 2,  
    comment: "normalize the display")
```

Остается еще одна проблема: список аргументов выглядит как одно неструктурированное пятно, несмотря на то, что в нем присутствуют два типа элементов, метки аргументов и их значения, то есть, этот список обладает определенной структурой. Для того, чтобы визуально выделить эту структуру, мы используем выравнивание.

Рассмотрим различные способы форматирования списка аргументов в виде метка:значение.

Однострочное форматирование {#l1}

```
try coordinator.replacePersistentStore (at: tempStoreUrl, destinationOptions: dstOptions,  
    withPersistentStoreFrom: storeUrl, sourceOptions: srcOptions, ofType: store.type)
```

В этом варианте визуальная структура не отражает структуру выражения, поэтому поиск затруднен. Этот вариант предназначен лишь для того, чтобы его тщательно читали.

Выравнивание пар метка:значение

```
try coordinator.replacePersistentStore (at: tempStoreUrl,
                                       destinationOptions: dstOptions,
                                       withPersistentStoreFrom: storeUrl,
                                       sourceOptions: srcOptions,
                                       ofType: store.type)
```

Этот вариант выглядит лучше в том смысле, что в нем спецификация имени метода и список аргументов явно отделены друг от друга. Уже несколько проще поиск в списке аргументов, поскольку каждая пара располагается на отдельной строке и метки выровнены по левому краю.

Тем не менее различение меток и значений затруднено из-за того, что отсутствует явная граница между областями меток и значений для всего списка. Кроме того, поскольку текст воспринимается как зафиксированный слева и свободный справа, в визуальном представлении этот код выглядит как большой груз (область списка аргументов), подвешенный на тонком и длинном рычаге. Основная масса кода оказывается сильно смещена в правую, менее важную часть пространства.

В данном случае можно попробовать исправить последний недостаток, сместив список аргументов влево:

```
try coordinator.replacePersistentStore (
    at: tempStoreUrl,
    destinationOptions: dstOptions,
    withPersistentStoreFrom: storeUrl,
    sourceOptions: srcOptions,
    ofType: store.type)
```

Для лучшего представления внутренней структуры списка аргументов необходимо сформировать явную разделительную линию между областями меток и значений. Здесь у нас есть два варианта.

Вариант 1: метки и аргументы выровнены влево по отдельности

```
try coordinator.replacePersistentStore (
    at: tempStoreUrl,
    destinationOptions: dstOptions,
    withPersistentStoreFrom: storeUrl,
    sourceOptions: srcOptions,
    ofType: store.type)
```

Из всех предложенных до сих пор вариантов, этот наиболее точно передает логическую структуру кода. В нем явно различимы области меток и значений, идентификация и поиск отдельных элементов внутри их значительно облегчается. Однако из-за большой разницы в длинах меток аргументов связи внутри пар с короткими метками оказываются ослабленными.

Вариант 2: внутреннее выравнивание

```
try coordinator.replacePersistentStore (at: tempStoreUrl,
                                       destinationOptions: dstOptions,
                                       withPersistentStoreFrom: storeUrl,
                                       sourceOptions: srcOptions,
                                       ofType: store.type)
```

Обладая всеми преимуществами варианта 1, этот вариант для данного примера выглядит более естественным. В отличие от всех предыдущих вариантов, в нем метки аргументов выглядят как естественное продолжение имени метода, как это и должно быть в данном случае. Код выглядит достаточно компактным и без необходимости переноса списка аргументов на следующую строку.

Для предыдущего примера код в этом варианте оформления будет выглядеть следующим образом:

```
let success = reticulateSplines (spline: splines,
                                adjustmentFactor: 1.3,
                                translateConstant: 2,
                                comment: "normalize the display")
```

Вот еще один пример:

```
if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>()) {
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();
    if (quals.empty()) {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>()) {
            auto recordDecl = record->getDecl();
            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCFTypename(typedefDecl->getName())) {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        } else if (pointee->isVoidType()) {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCFTypename(typedefDecl->getName())) {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
```

Если посмотреть на него «прищуренным взглядом», то можно обнаружить, что его визуальная структура содержит лишь три большие области кода, что не отражает корректно структуру этой программы:

```

if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>()) {
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();
    if (quals.empty()) {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>()) {
            auto recordDecl = record->getDecl();
            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName())) {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        }
        else if (pointee->isVoidType()) {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName())) {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
}

```

Разбивка по вертикали позволяет исправить этот недостаток:

```

if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>())
{
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();

    if (quals.empty())
    {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>())
        {
            auto recordDecl = record->getDecl();

            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        }
        else if (pointee->isVoidType())
        {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
}

```

```

if (auto ptr = type->getAs<clang::PointerType>())
{
    auto pointee = ptr->getPointeeType();

    // Must be 'const' or nothing.
    clang::Qualifiers quals = pointee.getQualifiers();
    bool isConst = quals.hasConst();
    quals.removeConst();

    if (quals.empty())
    {
        if (auto record = pointee->getAs<clang::RecordType>())
        {
            auto recordDecl = record->getDecl();

            if (recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeMutableAttr>() ||
                recordDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeRelatedAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return forRecord(isConst, record->getDecl());
            }
        }
        else if (pointee->isVoidType())
        {
            if (typedefDecl->hasAttr<clang::ObjCBridgeAttr>() ||
                isKnownCTypeName(typedefDecl->getName()))
            {
                return isConst ? forConstVoid() : forVoid();
            }
        }
    }
}
}

```

Как упоминалось выше, существует некоторая асимметрия в том, как человек воспринимает левую и правую части визуальной сцены. Эта асимметрия еще более естественным образом присутствует в восприятии текста программы: текст жестко привязан к левому краю, где отступы задают уровень иерархии в логической структуре программы. Правый же край свободен и не имеет жесткого ограничения. Чтение слева направо и сверху вниз определяет то, что что-то новое мы ожидаем увидеть сверху и слева или по центру.

В этом смысле нельзя назвать удачными с точки зрения читаемости конструкции вида:

```

let task = urlSession.dataTask(with: request) { data, response, error in
    guard let response = response as? HTTPURLResponse else {
        ...
    }
    ...
}

```

В таких конструкциях новое пространство имен начинается в конце строки, то есть в области наименьшей важности, там где это начало не ожидаемо. Более естественно расположить начало этого блока кода там, где он и должен быть — сверху слева:

```
let task = urlSession.dataTask(with: request)
{
    data, response, error in
    guard let response = response as? HTTPURLResponse else {
        ...
    }
    ...
}
```

Длина строки

Отсутствие жесткого ограничения справа, не означает, что ограничения нет вообще.

Многовековой опыт книгопечатания,¹⁰ и десятилетия опыта, наработанного [веб-дизайнерами](#), сходятся к тому, что оптимальная длина строки, обеспечивающей комфортное чтение составляет приблизительно 45-75 символов.

Несмотря на структурные отличия текстов программ, трудно вообразить, что эти отличия настолько сильны, что могут сделать длинные строки, трудные для чтения обычных текстов, легкими в случае, когда мы читаем программу.

Видимо, повторяя Стива Макконнелла¹¹, некоторые разработчики говорят, что на их больших мониторах длинные строки прекрасно помещаются, и их присутствие в коде нормально. Этот аргумент «больших мониторов» не выдерживает никакой критики:

- Длинную строку трудно охватить «широким взглядом».
- Оценка структуры выражения затруднена из-за того, что эта структура размазана по строке и не формирует явно выраженных областей.
- Из-за неявно выраженной структуры и увеличения эксцентриситета затрудняется поиск.
- Из-за увеличения расстояния затрудняются переходы от конца строки к началу следующей, и соответственно замедляется чтение.
- Если отодвинуться от монитора с целью уменьшения углового размера строки, чтобы нивелировать некоторые указанные выше проблемы, это затруднит чтение за счет уменьшения размера букв и расстояний между ними. При этом это размер области идентификации и распознавания и размер саккад, измеряемых в буквах, не изменится. То есть, чтение замедлится.
- Большие мониторы не всегда доступны или текст программы выводится в области с гораздо меньшей шириной. При этом строка или не помещается в области видимости и требует прокрутки, либо строка разбивается на несколько строк и это, как правило ломает структуру программы во всей области видимости. (Подумайте о ваших коллегах, которые будут проводить ревью вашего кода на gitlab.)

По ряду объективных факторов не всегда можно избежать длинных строк (например, из-за использования длинных идентификаторов, которые мы не в силах изменить). Также в случаях, когда нас не интересует структура выражения (например, при выводе отладочного сообщения в лог программы), использование длинной строки может оказаться даже предпочтительнее структурирования длинного выражения разбивкой его на несколько строк, так как делает этот код менее значимым с точки зрения амбиентного зрения.

В общем же случае, длинная строка, как и длинный идентификатор, это признак плохой читаемости кода.

Имена

Имена играют важнейшую роль для обеспечения удобочитаемости программного кода. Они занимают его большую часть и часто играют роль маяков, позволяющих идентифицировать характерные структурные части программы. Основные требования к именам – это их краткость и выразительность. *Чем имя длиннее, тем оно труднее для чтения, запоминания и поиска.* Длинные имена, как правило приводят к длинным строкам, что тоже затрудняет чтение и поиск. Требование выразительности означает, что в области контекста использования, идентификатор должен позволять однозначно определять роль обозначаемого им элемента программы.

Требования краткости и выразительности могут очевидным образом конфликтовать друг с другом, поскольку выразительность может требовать использования более длинных, составных имен. Поэтому имеет смысл сделать оценку допустимой рекомендованной длины идентификатора.

В идеале, мы хотим распознавать идентификатор с первого взгляда (при первой фиксации). Это значит, что первую оценку оптимальной длины можно заложить как размер области идентификации, то есть 10-12 символов. Особенностью текстов программ, как уже писалось выше является то, что набор допустимых слов в них ограничен, поэтому велика вероятность, что даже в случае более длинного идентификатора мы сможем впоследствии распознавать его по первой части, так что в принципе, даже при длине больше 12 символов нам потребуется лишь одна фиксация. Мы, однако хотим, чтобы при этом этот идентификатор помещался в размер области распознавания (17-19 символов) и оставался некоторый запас, таким образом, чтобы наш мозг имел возможность оптимально спланировать следующую саккаду. Если мы возьмем 4 символа от конца области распознавания, то получим оценку в 13-15 символов.

Допуская в редких случаях две фиксации с «угадыванием» мы получим оценку в 20-24 символа (13-15 из предыдущей оценки + 7-9 на саккаду внутри слова) .

Взяв середины отрезков полученных оценок получим следующую таблицу

Число фиксаций	Оценка максимальной длины имени
1	11
1 (с угадыванием окончания)	14
2	22

Эти рекомендации достаточно хорошо согласуются с теми границами, которые приводит в своей книге ¹¹ Стив Макконнелл: 10-16 и 8-20. Теперь мы можем как-то объяснить их.

На практике иногда приходится использовать имена, длины которых выходят за предлагаемые пределы. Например, когда имя включают в себя некоторое стандартное именование группы, к которой относится данный элемент, как в `PreferencesViewController`. Располагая значимую, уникальную часть имени в начале, мы можем ожидать, что распознаем уникальную часть имени уже при первой фиксации, и в то же время нам не потребуется больших усилий для распознавания «стандартного дополнения».

За редким исключением не имеет смысла использовать в именах какие-либо префиксы, описывающие некоторые общие характеристики (например тип) или для различения классов, являющихся частью вашего приложения. Префиксы маскируют смысловую часть имени, в их присутствии позиция первой фиксации на слове при чтении сдвигается влево от оптимальной, они требуют определенных усилий на дополнительный анализ слова. В некоторых случаях они могут изменять значение имени (`kBytesPerSec` это "килобайты в секунду" или константа `BytesPerSec`?).

Декорирование имен классов и функций имеет смысл лишь в случае разработки библиотеки на языке, в котором отсутствует понятие пространства имен, позволяющих ограничить их видимость. Все сущности, определяемые внутри вашего приложения, находятся на верхнем уровне пространства имен и, как правило, не нуждаются в каких-либо префиксах для предотвращения конфликтов имен.

Пробелы

Как указывалось выше, использование любого другого разделителя между словами вместо пробела требует больших усилий при чтении, поскольку приводит к затруднениям при определении границ слова, что в свою очередь затрудняет его распознавание и планирование следующей саккады.

Поэтому рекомендуется разделять идентификаторы в программе с помощью пробелов, даже в случае, если формально такого разделения не требуется. Например, имеет смысл разделять пробелом имя функции и список ее параметров/аргументов:

```
result = someFunction(firstArgument, secondArgument);  
result = someFunction (firstArgument, secondArgument);
```

```
1  
2 // При отсутствии пробела первый аргумент сливается с именем функции,  
3 // что затрудняет чтение. Кроме того, нарушается визуальная структура:  
4 // первый аргумент связан с этим именем сильнее, чем со вторым аргументом  
5 // в списке аргументов.  
6  
7 result = someFunction(firstArgument, secondArgument);  
8 result = someFunction (firstArgument, secondArgument);
```

В первой строке пробел отсутствует, и имя функции сливается с первым аргументом в списке аргументов. Кроме затруднения в чтении, мы можем также заметить, что визуальная структура не совсем корректно отражает логическую структуру программы: выражение вызова функции включает в себя имя функции и список аргументов, список аргументов включает в себя первый и второй аргументы. В первой же строке имя функции сильнее связано с первым аргументом, чем аргументы между собой.

В случае, когда совокупная длина идентификаторов не превышает размера области распознавания, это требование не является настолько критическим, поскольку все выражение может быть сразу охвачено одним взглядом:

```
strcat(dest, src)
strcat (dest, src)
```

Расстановка фигурных скобок.

На сегодняшний день в языках с Си-подобным синтаксисом существуют два основных способа расстановки фигурных скобок: *One True Brace Style (1TBS)* и *Allman*. Остальные [известные варианты](#) либо являются их вариациями, либо выглядят достаточно экзотически и, соответственно, популярностью не пользуются.

В *1TBS* открывающая фигурная скобка располагается в конце строки, содержащей окончание соответствующего синтаксического элемента, с которым она связана. В стиле *Allman*, эта скобка располагается на следующей линии с тем же отступом, как и начало связанного элемента.

В общем случае стиль *Allman* предпочтительнее, поскольку в нем открывающая и закрывающая скобки выровнены по вертикали. Это значительно облегчает поиск, например, парной открывающей скобки, поскольку требует лишь вертикального перемещения глаз. При этом на пути следования взгляда от одной скобки к другой, как правило, нет никакого текста, и поиск фактически происходит до первого символа. В *1TBS* поиск осуществляется в широком секторе, причем взгляд проходит через текст, который надо анализировать, и который часто содержит вложенные пары фигурных скобок, что также может затруднять обнаружение нужной нам пары.

Кроме того, поскольку в стиле *Allman* скобки располагаются на отдельных строках, блок кода внутри них визуально явно отделен от заголовка конструкции, что лучше соответствует структуре этой конструкции. В *1TBS* такого явного разделения нет, особенно в случае, когда предшествующая часть занимает несколько строк.

Открывающая фигурная скобка является частью блока кода, который она обрамляет на пару с закрывающей скобкой; и, поскольку мы ожидаем увидеть начала нового блока слева, то естественно и открывающую скобку как символ начала нового блока, располагать слева, в начале новой строки.

Тем не менее, есть случаи, когда *1TBS* может оказаться предпочтительнее, чем *Allman*. Например, в случае короткого условия в операторе `if`, когда код внутри скобок содержит 1-3 строки. В такой ситуации использование стиля *Allman* может приводить к развалу визуальной структуры кода, так что заголовок конструкции, оказывается недостаточно связанным с кодом внутри скобок по сравнению с окружающими элементами. В общем случае, можно предложить следующую эвристику: использование *1TBS* стиля возможно, когда заголовок утверждения, предшествующий `{` занимает одну строку, а сама скобка расположена слева или в центральной области обрамляемого блока кода, и этот код не содержит более трех строк.

Таким образом, несмотря на то, что стиль Allman в целом выглядит предпочтительнее, выбор того или иного способа расстановки должен осуществляться программистом в каждом конкретном случае, для того чтобы сформировать оптимальное визуальное представление соответствующей части программного кода. Можно предложить следующий алгоритм действий: по умолчанию использовать стиль *Allman*, но быть готовым к тому, что в каком-то случае может потребоваться изменить его на *1TBS*, если получившийся код не достаточно ясно отражает структуру программы.

Резюме

Формирование удобочитаемого, то есть легкого для восприятия текста программы требует учета специфических особенностей зрения человека, таких как амьбентное и фокальное зрение, механизмов чтения текста вообще и стратегий чтения текстов программ в частности.

Легкий для восприятия текст программы обладает ярко выраженной визуальной структурой, корректно отражающей структуру программы и представляющей собой относительно компактное по горизонтали «изображение», сформированное за счет иерархического группирования логически связанных элементов программы в компактные геометрические области.

Эта структура формируется как результат правильного использования отступов, добавления пустых строк, выравнивания элементов программы.

Легкость чтения текста программы обеспечивается выбором оптимальных по длине и выразительности идентификаторов, четкого разделения их друг от друга в тексте программы.

В своей книге о типографике ¹⁰ Роберт Брингхерст пишет:

Заголовки, подзаголовки, большие цитаты, сноски, иллюстрации, подписи к ним и другие включения, набираемые в разрез текста, создают своеобразные синкопы и вариации в противовес основному ритму строк... Эти вариации могут и должны вдохнуть жизнь а страницу...

Чтобы книга, то есть длинный текст, была удобна для чтения, страница должна дышать в обоих измерениях.

Аналогично можно сказать, что структура программы, разворачиваясь в тексте сверху вниз, также обладает определённым ритмом и вариациями. Задача программиста — визуализировать этот ритм, сделать его явным в общем и в деталях.

Позвольте вашей программе дышать.

-
1. [Eye Movements in Code Reading: Relaxing the Linear Order](#). Roman Bednarik, Bonita Sharif ↵
 2. Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания. Academia, Смысл, 2006 ↵ ↵
 3. Ярбус А.Я. Роль глаз в процессе зрения. М.:Наука, 1965 ↵
 4. Рудольф Арнхейм. Искусство и визуальное восприятие. М.:Архитектура-С, 2012 ↵ ↵ ↵ ↵
 5. Роберт Солсо. Когнитивная психология. СПб: Питер, 2002/2006 ↵
 6. [Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research](#). Keith Rayner – University of Massachusetts at Amherst ↵
 7. [Theories, tools and research methods in program comprehension: Past, Present and Future](#). Margaret-Anne Storey ↵
 8. [Eye movements in programming education: analysing the expert's gaze](#). Simon. University of Newcastle, Australia ↵
 9. [An Eye Tracking Study on camelCase and under_score Identifier Styles](#). Bonita Sharif and Jonathan I. Maletic – Department of Computer Science Kent State University ↵
 10. Роберт Брингхерст. Основы стиля в типографике. М.:Дмитрий Аронов, 2006 ↵ ↵
 11. Макконнелл С. Совершенный код. М.:Русская редакция, 2010 ↵ ↵