Universitatea din București

Metode de dezvoltare software

Testare

18.04.2023

Alin Ștefănescu

Testare software

Prezentare bazată pe materiale de Florentin Ipate (UniBuc) și Florin Leon (UT Iași)

Testare… în practică

Generalități - validare și verificare (V&V)

Verificare

- construim corect produsul?
- se referă la dezvoltarea produsului

Validare

- construim produsul corect?
- se referă la respectarea specificaţiilor, la utilitatea produsului

- Verificarea şi validarea trebuie să stabilească încrederea că produsul este potrivit pentru scopul său
- Aceasta ***nu*** înseamnă că produsul este lipsit de defecte
- Doar că produsul e suficient de bun pentru utilizare

Evaluarea unui produs software

Depinde de scopul produsului, de aşteptările utilizatorilor şi factorii de piaţă:

- Funcţionalitatea programului
  - nivelul de încredere depinde de cât de critic este sistemul pentru utilizatori
- Aşteptările utilizatorilor
  - utilizatorii pot avea grade diferite de aşteptări pentru diferite tipuri de produse software
- Mediul de afaceri
  - lansarea rapidă pe piaţă a unui produs poate fi uneori mai importantă decât găsirea tuturor defectelor în program

Testarea unui program

- evidenţiază prezenţa erorilor şi *nu* absenţa lor
- este singura tehnică de validare pentru cerinţe non-funcţionale, deoarece programul trebuie executat pentru a i se analiza comportamentul
- este utilizată de obicei alături de verificarea statică (*static analysis*) pentru o siguranţă cât mai mare

Terminologie (IEEE)

- Eroare (engl. “*error*”)
  - o acţiune umană care are ca rezultat un defect în produsul software
- Defect (engl. “*fault*”)
  - consecinţa unei erori în produsul software
  - un defect poate fi latent: nu cauzează probleme cât timp nu apar condiţiile care determină execuţia anumitor linii de cod
- Defecţiune (engl. “*failure*”)
  - manifestarea unui defect: când execuţia programului întâlneşte un defect, acesta provoacă o defecţiune
  - abaterea programului de la comportamentul aşteptat

Bug

“Bug”: termen colocvial utilizat deseori ca sinonim pentru „defect”

de la dilbert.com

Testarea şi depanarea

- testarea de validare
  - intenţionează să arate că produsul nu îndeplineşte cerinţele
  - testele încearcă să arate că o cerinţă nu a fost implementată adecvat
- testarea defectelor
  - teste proiectate să descopere prezenţa defectelor în sistem
  - testele încearcă să descopere defecte
- depanarea (“*debugging*”)
  - are ca scop localizarea şi repararea erorilor corespunzătoare
  - implică formularea unor ipoteze asupra comportamentului programului, corectarea defectelor şi apoi re-testarea programului

Asigurarea calității

- testarea se referă la detectarea defectelor
- **asigurarea calităţii** se referă la prevenirea lor
  - se ocupă de procesele de dezvoltare care să conducă la producerea unui software de calitate
  - include procesul de testare a produsului

Câteva principii de testare

- o parte necesară a unui caz de test este definirea **ieşirii** sau **rezultatului** aşteptat

- programatorii nu ar trebui să-şi testeze propriile programe (**excepție** face testarea de nivel foarte jos - testarea unitară)

- uneori organizaţiile folosesc și companii (sau departamente) externe pentru testarea propriilor programe

- trebuie scrise cazuri de test atât pentru condiţii de intrare invalide şi neaşteptate, cât şi pentru condiţii de intrare valide şi aşteptate

Câteva principii de testare (continuare)

- programul trebuie examinat pentru a vedea dacă nu face ce trebuie; de asemenea, trebuie examinat pentru a vedea dacă nu cumva face ceva ce nu trebuie

- pe cât posibil, cazurile de test trebuie salvate și re-executate după efectuarea unor modificari

- probabilitatea ca mai multe erori să existe într-o secţiune a programului este proporţională cu numărul de erori deja descoperite în acea secţiune

- efortul de testare nu trebuie subapreciat

- creativitatea necesară procesului de testare nu trebuie subapreciată

Modelul V

Cerințe utilizator → Testare de acceptanță

validare

verificare

Cerințe sistem → Testare de sistem

Arhitectura sistem → Testare de integrare

Module → Testare unitară

IMPLEMENTARE

+ multe alte tipuri de testare

Testarea unitară (unit testing)

- o unitate (sau un modul) se referă de obicei la un element atomic (clasă sau funcţie), dar poate însemna şi un element de nivel mai înalt: bibliotecă, driver etc.
- testarea unei unităţi se face în izolare
  - pentru simularea apelurilor externe se pot utiliza funcţii externe fictive (engl. “stubs”)

Testarea de integrare (integration testing)

- testează interacţiunea mai multor unităţi
- testarea este determinată de arhitectură

Testarea sistemului (system testing)

- testarea sistemului testează aplicaţia ca întreg şi este determinată de scenariile de analiză

- aplicaţia trebuie să execute cu succes toate scenariile pentru a putea fi livrată clientului

- spre deosebire de testarea internă şi a componentelor, care se face prin program, testarea aplicaţiei se face de obicei cu script-uri care rulează sistemul cu o serie de parametri şi colectează rezultatele

- testarea aplicaţiei trebuie să fie realizată de o echipă independentă de echipa de implementare

- testele se bazează pe specificaţiile sistemului

Testarea de acceptanță (acceptance testing)

- testele de acceptanță determină dacă sunt îndeplinite cerințele unei specificații sau ale contractului cu clientul.
- ele sunt de diferite tipuri:
  - teste rulate de dezvoltator înainte de a livra produsul software
  - teste rulate de utilizator (*user acceptance testing*)
  - teste de operaționalitate (*operational testing*)
  - testare alfa și beta: *alfa* la dezvoltator, *beta* la client cu un grup ales de utilizatori

Testele de regresie (regression testing)

- un test valid generează un set de rezultate verificate, numit “standardul de aur”
- testele de regresie sunt utilizate la **re-testare**, după realizarea unor modificări, pentru a asigura faptul că modificările nu au introdus noi defecte în codul care funcţiona bine anterior
- pe măsură ce dezvoltarea continuă, sunt adăugate alte teste noi, iar testele vechi pot rămâne valide sau nu
- dacă un test vechi nu mai este valid, rezultatele sale sunt modificate în standardul de aur
- acest mecanism previne *regresia* sistemului într-o stare de eroare anterioară

Testarea performanţei (performance testing)

- O parte din testare se concentrează pe evaluarea proprietăţilor non-funcționale ale sistemului, cum ar fi:
  - siguranța (“reliability”) - menţinerea unui nivel specificat de performanţă
  - securitatea - persoanele neautorizate să nu aibă acces, iar celor autorizate să nu le fie refuzat accesul
  - utilizabilitatea - capacitatea de a fi înţeles, învăţat şi utilizat
  - load & stress testing (v. următoarele două slide-uri)

Testarea la încărcare (load testing)

- asigură faptul că sistemul **poate gestiona un volum aşteptat de date**, similar cu acela din producţie (de exemplu la client)
- verifică eficienţa sistemului şi modul în care scalează acesta pentru un **mediu real** de execuţie

Testarea la stres (stress testing)

- solicită sistemul **dincolo de încărcarea maximă** proiectată
- supraîncărcarea testează modul în care „cade” sistemul
  - sistemele nu trebuie să eşueze catastrofal
  - testarea la stres verifică pierderile inacceptabile de date sau funcţionalităţi
- deseori apar aici conflicte între teste. Fiecare test funcţionează corect atunci când este făcut separat. Când două teste sunt rulate în paralel, unul sau ambele teste pot eşua
  - cauza este de obicei managementul incorect al accesului la resurse critice (de exemplu, memoria)
- o altă variantă, “soak testing”, presupune rularea sistemului pentru o perioadă lungă de timp (zile, săptămâni, luni)
  - în acest caz, de exemplu scurgerile nesemnificative de memorie se pot acumula şi pot provoca căderea sistemului

Testarea interfeţei cu utilizatorul (GUI testing)

- majoritatea aplicaţiilor din zilele noastre au interfeţe grafice cu utilizatorul (GUI)
  - testarea interfeţei grafice poate pune anumite probleme
  - cele mai multe interfeţe, dacă nu chiar toate, au bucle de evenimente, care conţin cozi de mesaje de la mouse, tastatură, ferestre, touchscreen etc.
  - asociate cu fiecare eveniment sunt coordonatele ecranului
  - testarea interfeţei cu utilizatorul presupune memorarea tuturor acestor informaţii şi elaborarea unei modalităţi prin care mesajele să fie trimise din nou aplicaţiei, la un moment ulterior
- de obicei se folosesc scripturi pentru testare sau frameworkuri precum Selenium (sau se testează manual)

Testarea utilizabilităţii (usability testing)

- testează cât de uşor de folosit este sistemul
- se poate face în companie sau „pe teren” cu utilizatori din lumea reală
- exemple de metode folosite:
  - testare “pe hol” (hallway testing): cu câțiva utilizatori aleatori
  - testare de la distanță: analizarea logurilor utilizatorilor (dacă își dau acordul pentru aceasta)
  - recenzii ale unor experți (externi)
  - A/B testing: în special pentru web design, modificarea unui singur element din UI (d.ex. culoarea sau poziția unui buton) și verificarea comportamentului unui grup de utilizatori


testare
de tip
cutie neagră

Testarea de tip “cutie neagră”

- testarea exhaustivă nu este fezabilă
- generarea aleatorie a cazurilor de test nu este eficientă
- posibilă soluție: se iau în considerare numai intrările (într-un modul, componentă sau sistem) şi ieşirile dorite, conform specificaţiilor
  - structura internă este ignorată (de unde și numele de “**black box testing**”)
  - deoarece se bazează pe funcționalitatea descrisă în specificații, se mai numește și **testare funcţională**
  - poate fi folosită în principiu la orice nivel de testare (unitară, integrare, sistem)

Observații

- datele de test sunt generate pe baza specificației (cerințelor) programului, structura programului nejucând nici un rol
- tipul de specificație ideal pentru testarea “cutie neagră” este alcătuit din pre-condiții și post-condiții
- exemple de metode de testare de tip “cutie neagră”:
  - partiționare în clase de echivalență
  - analiza valorilor de frontieră
  - graful cauză-efect
  - testarea tuturor perechilor
  - testarea bazată pe modele
  - etc.


testare
de tip
cutie albă

Testarea de tip “cutie albă” (white-box testing)

- am văzut că testarea „cutie neagră” tratează funcţionalitatea unui modul luând în calcul doar intrările și ieșirile și relațiile dintre ele definite în cerințe
- **testarea de tip „cutie albă”** ia în calcul **codul sursă** al metodelor testate
- testarea „cutie albă” vizează acoperirea diferitelor structuri ale programului
  - de aceea se mai numeşte și **„testare structurală”**
- în practică se folosește de multe ori o combinație între testarea de tip “cutie albă” și “cutie neagră”, numită “cutie gri”

Structura programului ca graf

- datele de test sunt generate pe baza implementării (programului), fără a lua în considerare specificația (cerințele) programului
- pentru a utiliza structura programului, acesta poate fi reprezentat sub forma unui **graf orientat**
- datele de test sunt alese astfel încât să parcurgă toate elementele grafului (instrucțiune, ramură sau cale) măcar o singură dată.

Acoperiri pentru testare cutie alba

Pe baza grafului se pot defini diverse **acoperiri**:

- **acoperire la nivel de instrucțiune**: fiecare instrucțiune (sau nod al grafului) este parcursă măcar o dată
- **acoperire la nivel de ramură**: fiecare ramură a grafului este parcursă măcar o dată
- **acoperire la nivel de cale**: fiecare cale din graf este parcursă măcar o dată
- și alte variante

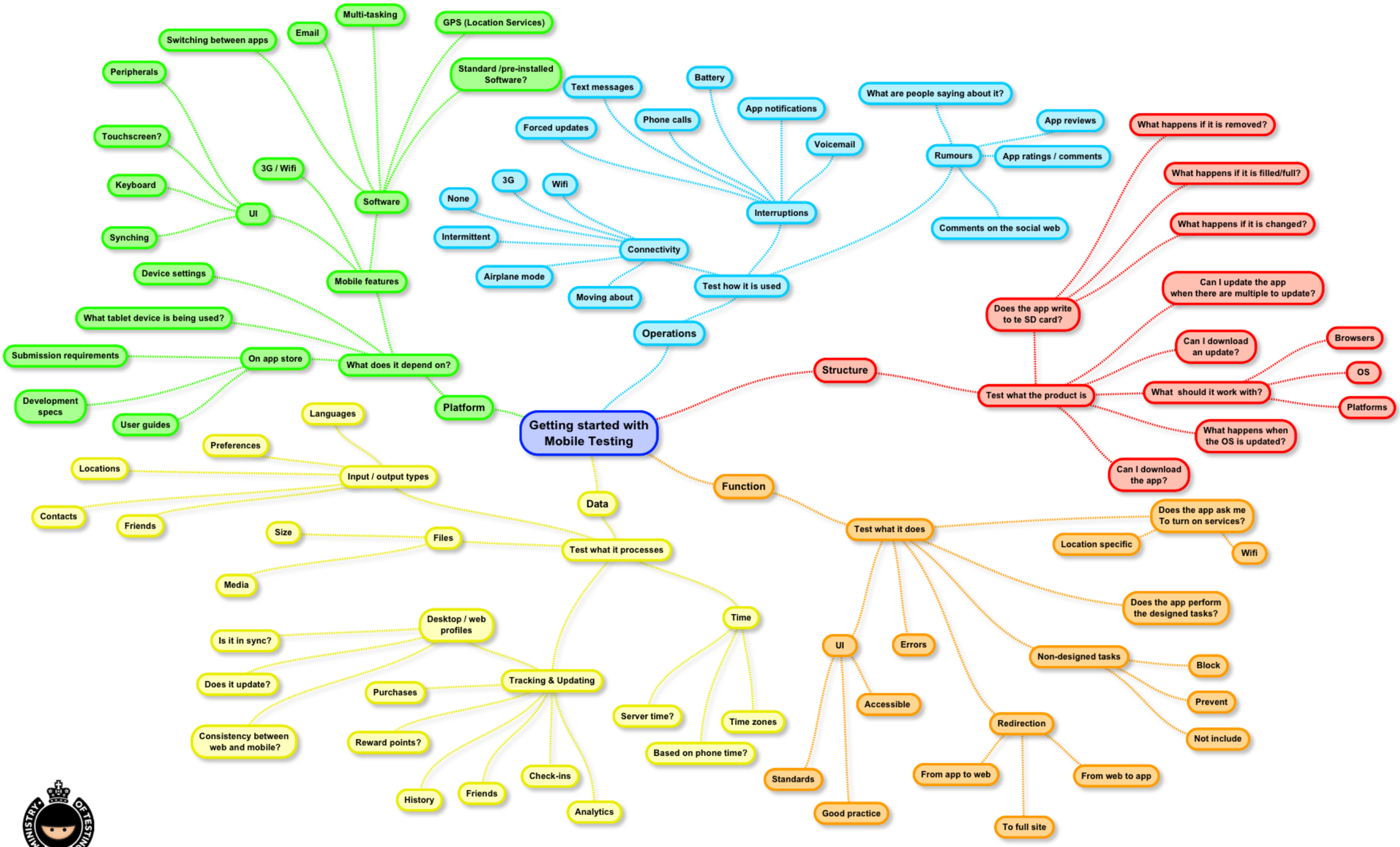
Alte tipuri de testare

Alte tipuri de teste

Există bineînțeles multe alte aspecte și tipuri de testare

- testarea claselor
- înregistrarea și urmărirea defectelor
- automatizarea testării
  - testarea bazată pe modele
  - generarea de teste
- tooluri de acoperire (coverage tools)
- testare pentru domenii specifice:
  - pentru aplicații web (d.ex. Selenium)
  - pentru aplicații mobile (v. http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_application_testing, d.ex. Appium)
  - pentru jocuri (d.ex. Unity test framework)
- în practică: **testarea e importantă și consumă multe resurse**

Aspecte ale testării aplicațiilor mobile



CO-CREATING SMARTER TESTERS

www.ministryoftesting.com

Credits: Karen Johnson - http://bit.ly/kjsfdpot
James Bach - http://bit.ly/jbsfdpot


Getting started with Mobile Testing
Software
Multi-tasking
Email
Switching between apps
Peripherals
Touchscreen?
Keyboard
Synching
UI
3G / Wifi
GPS (Location Services)
Standard /pre-installed Software?
Text messages
Battery
Phone calls
Forced updates
App noti
Interru
3G
Wifi
None
Intermittent
Connectivity
Airplane mode
Moving about
Test how it is used
Operations
Mobile features
Device settings
What tablet device is being used?
What does it depend on?
Submission requirements
On app store
Development specs
User guides
Platform
Languages
Preferences
Locations
Input / output types
Contacts
Friends
Size
Files
Data
Function

- Battery
- nessages
- App notifications
- Phone calls
- Voicemail
- Interruptions
- Connectivity
- ng about
- Test how it is used
- Operations
- What are people saying about it?
- App reviews
- Rumours
- App ratings / comments
- Comments on the social web
- What happens if it is removed?
- What happens if it is filled/full?
- What happens if it is changed?
- Can I update the app when there are multiple to update?
- Does the app write to te SD card?
- Can I download an update?
- Browsers
- OS
- What should it work with?
- Platforms
- What happens when the OS is updated?
- Test what the product is
- Can I download the app?
- Structure
- rted with esting
- Function
- ata
- hat it processes
- Time
- Test what it does
- Does the app ask me To turn on services?
- Location specific
- Wifi
- Does the app perform the designed tasks?
- UI
- Errors
- Non-designed tasks

Getting started with Mobile Testing

- Function
  - Test what it does
    - Does the app ask me To turn on services?
      - Location specific
      - Wifi
    - Does the app perform the designed tasks?
    - UI
      - Accessible
      - Standards
      - Good practice
    - Errors
    - Non-designed tasks
      - Block
      - Prevent
      - Not include
      - Redirection
        - From app to web
        - From web to app
        - To full site
  - Test what the product is
    - What should it work with?
    - What happens when the OS is updated?
    - Can I download the app?
- Data
  - Test what it processes
    - Time
      - Server time?
      - Time zones
      - Based on phone time?
    - ing & Updating
    - Check-ins
    - Analytics

www.ministryoftesting.com

Credits: Karen Johnson - http://bit.ly/k
James Bach - http://bit.ly/jbs

Getting started with Mobile Testing

- What does it depend on?
  - On app store
    - Submission requirements
    - Development specs
    - User guides
  - What tablet device is being used?
  - Platform
    - Languages
    - Input / output types
      - Preferences
      - Locations
      - Contacts
      - Friends
- Operations
- Function
- Data
  - Test what it processes
    - Files
      - Size
      - Media
    - Desktop / web profiles
      - Is it in sync?
      - Does it update?
      - Consistency between web and mobile?
    - Tracking & Updating
      - Purchases
      - Reward points?
      - History
      - Friends
      - Check-ins
      - Analytics
    - Time
      - Server time?
      - Time zones
      - Based on phone time?
      - Stand

CO-CREATING SMARTER TESTERS

www.ministryoftestin

Getting started with Mobile Testing

- Structure
  - Test what the product is
    - Does the app write to te SD card?
      - What happens if it is removed?
      - What happens if it is filled/full?
      - What happens if it is changed?
      - Can I update the app when there are multiple to update?
    - Can I download an update?
    - What should it work with?
      - Browsers
      - OS
      - Platforms
    - What happens when the OS is updated?
    - Can I download the app?
- Function
  - Test what it does
    - Does the app ask me To turn on services?
      - Location specific
      - Wifi
    - Does the app perform the designed tasks?
    - Non-designed tasks
      - Block
      - Prevent
      - Not include
    - UI
      - Standards
      - Accessible
      - Good practice
    - Errors
    - Redirection
      - From app to web
      - From web to app
      - To full site
- Data
  - Test what it processes
    - Files
      - Size
      - Media
    - Desktop / web profiles
      - Is it in sync?
      - Does it update?
      - Consistency between web and mobile?
    - Tracking & Updating
      - Purchases
      - Reward points?
      - History
      - Friends
      - Check-ins
      - Analytics
    - Time
      - Server time?
      - Time zones
      - Based on phone time?
- Operations
  - What does it depend on?
    - Platform
      - Languages
      - Preferences
      - Locations
      - Input / output types
        - Contacts
        - Friends
      - Software
        - Multi-tasking
        - Email
        - Switching between apps
        - GPS (Location Services)
        - Standard /pre-installed Software?
      - Mobile features
        - Device settings
        - What tablet device is being used?
        - On app store
          - Submission requirements
          - Development specs
          - User guides
        - UI
          - Peripherals
          - Touchscreen?
          - Keyboard
          - Synching
          - 3G / Wifi
  - Test how it is used
    - Interruptions
      - Text messages
      - Battery
      - Phone calls
      - App notifications
      - Forced updates
      - Voicemail
    - Connectivity
      - None
      - 3G
      - Wifi
      - Intermittent
      - Airplane mode
      - Moving about
    - What are people saying about it?
      - Rumours
        - App reviews
        - App ratings / comments
      - Comments on the social web

www.ministryoftesting.com

Credits: Karen Johnson - http://bit.ly/kjsfdpot
James Bach - http://bit.ly/jbsfdpot

Testare unitară cu JUnit

Prezentare bazată pe materiale de
M. Johansson, W. Ahrendt, V. Klebanov (Chalmers University)

Modelul V

Cerințe utilizator → Testare de acceptanță

validare

verificare

Cerințe sistem → Testare de sistem

Arhitectura sistem → Testare de integrare

Module → Testare unitară

IMPLEMENTARE

+ multe alte tipuri de testare

Testarea unitară (unit testing)

- o unitate (sau un modul) se referă de obicei la un element atomic. În particular, testarea unei unităţi = testarea unei proceduri, iar în programarea orientată pe obiecte a unei metode

- un **test** conține
  - inițializarea (clasei sau a argumentelor necesare)
  - apelul metodei testate
  - decizia (**oracolul**) dacă testul **a reușit** sau **a eșuat**
    - acesta e foarte important pentru evaluarea automată a testului
    - compară valorile produse de metodă cu cele corecte

- o **suită de teste** este o colecție de teste

JUnit

- exemplificăm testarea unitară cu **JUnit**
- JUnit este un tool simplu, dar foarte popular, care oferă:
  - funcționalitatea necesară pentru execuția repetată a scrierii de teste pentru **Java**
  - un mod de a adnota metode ca fiind teste
  - un mod de a executa și evalua suite de teste
  - poate fi rulat atât în linie de comandă sau integrat într-un IDE (d.ex. majoritatea IDE-urilor permit folosirea JUnit)
  - versiunea curentă este JUnit 5 - `https://junit.org/junit5` (însă puteți folosi și JUnit 4 - versiunea folosită în următoarele slideuri)

Un prim exemplu

```
public class Ex1 {

  // requires: a is non-null, non-empty
  // ensures:  result is equal to a minimal element in a
  public static int find_min(int[] a) {
   int x, i;
   x = a[0];
   for (i = 1; i < a.length; i++) {
    if (a[i] < x)
      x = a[i];
   }
   return x;
  }

...
```

Un prim exemplu … continuat

… continuare clasa Ex1:

```
  // requires: x is non-null and sorted in increasing order
  // ensures:  result is sorted and contains
  //           the elements in x and n, but no others
  public static int[] insert(int[] x, int n) {
    int[] y = new int[x.length + 1];
    int i;
    for (i = 0; i < x.length; i++) {
      if (n < x[i]) break;
      y[i] = x[i];
    }
    y[i] = n;
    for (; i < x.length; i++) {
      y[i+1] = x[i];
    }
    return y;
  }
}
```

Un prim exemplu … testat

JUnit poate să testeze **valorile returnate așteptate**:

```
import org.junit.*;
import static org.junit.Assert.*;
import java.util.*;

public class Ex1Test {
  @Test public void test_find_min_1() {
    int[] a = {5, 1, 7};
    int res = Ex1.find_min(a);
    assertTrue(res == 1);
  }

  @Test public void test_insert_1() {
    int[] x = {2, 7};
    int n = 6;
    int[] res = Ex1.insert(x, n);
    int[] expected = {2, 6, 7};
    assertTrue(Arrays.equals(expected, res));
  }
}
```

Execuție în consolă

```
>
>
> javac Ex1Test.java
>
> java org.junit.runner.JUnitCore Ex1Test
JUnit version 4.11
Time: 0.005
OK (2 tests)
>
>
```

Testarea excepțiilor

JUnit poate să testeze diverse alte aspecte, cum ar fi **excepțiile**:

```
@Test(expected = IndexOutOfBoundsException.class)
 public void outOfBounds() {
   new  ArrayList<Object>().get (1);
 }
```

expected declară că `outOfBounds` trebuie să arunce o excepție de tip `IndexOutOfBoundsException`.

Dacă metoda `outOfBounds` aruncă o altă excepție sau nu aruncă nici una, testul eșuează.

Exemplul anterior în GitHub și GitLab

Am încărcat exemplul anterior în **GitHub** la:

`https://github.com/alinstef/junitexample`

În README.md am descris tot procesul de configurare pentru a rula testele folosind Gradle (inclusiv cu GitHub Actions, după ce proiectul a fost încărcat în GitHub)

De asemenea, am încărcat exemplul și în **GitLab** la:

`https://gitlab.com/alinstef/junitexample`

În README.md am descris tot procesul de configurare pentru a rula testele folosind Gradle (inclusiv cu GitLab CI/CD, după ce proiectul a fost încărcat în GitLab)

Al doilea exemplu… test-driven development

În test-driven development, se scrie **mai întâi testul și apoi implementarea**:

```
class Money {
    public int amount;
    private Currency currency;

    public Money(int amount, Currency currency) {
        this.amount = amount;
        this.currency = currency;
    }

    public Money add(Money m) {
        // NEIMPLEMENTATĂ ÎNCĂ, DE SCRIS TESTUL PRIMA DATĂ
    }
}

class Currency {
    private String name;
    public Currency(String name) {
        this.name = name;
    }
}
```

Se scrie un test pentru `Money.add()`

În test-driven development, se scrie **mai întâi testul și apoi implementarea**:

```
import org.junit.*;
import static org.junit.Assert.*;

public class MoneyTest {

    @Test public void simpleAdd() {
        Currency ron = new Currency("RON");
        Money m1 = new Money(120, ron);
        Money m2 = new Money(160, ron);
        Money result = m1.add(m2);
        Money expected = new Money(280, ron);
        assertTrue(expected.equals(result));
    }
}
```

Exemplul Money

Acum se implementează metoda, dar prima oară ne asigurăm ca testul eșuează (pentru a fi siguri ca nu cumva testul să aibă succces în orice condiții)

```
class Money {
    public int amount;
    private Currency currency;
    ...

    public Money add(Money m) {
        return null;
    }
}
```

Exemplul Money

După ce testul eșuează, implementăm metoda ca mai jos:

```
class Money {
    public int amount;
    private Currency currency;

    ...

    public Money add(Money m) {
        return new Money (amount + m.amount, currency);
    }
}
```

Verificăm din nou, dar testul eșuează din nou.

Problema: `equals` pentru obiecte

Exemplul Money… completat

```
class Money {
    public int amount;
    private Currency currency;

    public Money(int amount, Currency currency) {
        this.amount = amount;
        this.currency = currency;
    }

    public Money add(Money m) {
        return new Money (amount + m.amount, currency);
    }

    public boolean equals(Object o) {
        if (o instanceof Money) {
            Money other = (Money)o;
            return (currency == other.currency
                    && amount == other.amount);
        }
        return false;
    }
}
```

Încă o **problemă**: ce se întâmplă când valuta e diferită?

Se scrie un test pentru `Money.add()`

Extindem clasa Money cu rata de schimb Euro, dar **prima oară în test**

```
public class MoneyTest {

    @Test public void simpleAdd() {
        Currency ron = new Currency("RON",4.8);
        Money m1 = new Money(120, ron);
        Money m2 = new Money(140, ron);
        Money result = m1.add(m2);
        Money expected = new Money(260, ron);
        assertTrue(expected.equals(result));
    }

    @Test public void addDifferentCurrency() {
        Currency ron = new Currency("RON",4.8);
        Money m1 = new Money(120, ron);
        Currency usd = new Currency("USD",1.2);
        Money m2 = new Money(150, usd);
        Money result = m1.add(m2);
        Money expected = new Money(720, ron);
        assertTrue(expected.equals(result));
    }
}
```

Modificăm în implementare acum:

Exemplul Money... final

```
class Money {
    public int amount;
    private Currency currency;

    public Money(int amount, Currency currency) {
        this.amount = amount;
        this.currency = currency;
    }

    public Money add(Money m) {
        return new Money(amount +
        (int)(m.inEuro()*currency.rate()),currency);
    }

    public double inEuro() {
        return ((double) amount)/currency.rate();
    }

    public boolean equals(Object o) {
        if (o instanceof Money) {
            Money other = (Money)o;
            return  currency == other.currency
                    && amount == other.amount;}
        return false;
    }
}
```

```
class Currency {

    private String name;
    private double euroRate;

    public Currency(String name,
              double euroRate) {
      this.name = name;
      this.euroRate = euroRate;
    }

    public String name() {
       return name;
    }

    public double rate(){
       return euroRate;
    }
}
```

Testele trec cu **succes**.

Preambulul setUp()

Anumite părți comune pot fi puse în preambulul testelor (**@Before** este executat înaintea fiecărui test).

```
public class MoneyTest {

    private Currency ron;
    private Money m1;

    @Before public void setUp() {
        ron = new Currency("RON",4.8);
        m1 = new Money(120, ron);
    }

    @Test public void simpleAdd() {
        Money m2 = new Money(140, ron);
        Money result = m1.add(m2);
        Money expected = new Money(260, ron);
        assertTrue(expected.equals(result));
    }

    @Test public void addDifferentCurr() {
        Currency usd = new Currency("USD",1.2);
        Money m2 = new Money(150, usd);
        Money result = m1.add(m2);
        Money expected = new Money(720, ron);
        assertTrue(expected.equals(result));
    }
}
```

Alte tooluri de testare unitară

- JUnit este unul din reprezentanții cei mai populari a unei clase de framework-uri numite **xUnit**:
  - `http://en.wikipedia.org/wiki/XUnit`
  - acestea folosesc următoarele elemente comune (adaptate la diverse limbaje și sisteme: “test runner”, “test case”, “assertions”, “text fixtures” (care includ un “setup” și “teardown”), “test suites” și “test execution”, “test result formatter” (pentru afișarea rezultatelor)

- o listă exhaustivă de alte **tooluri de testare unitară**:
  `http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unit_testing_frameworks`