

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA  
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA

PROGETTO SISTEMI OPERATIVI

---

# AllocSim

24 Giugno 2015

---

**Autore:**

Vittorio ROMEO

**Professoressa:**

Santa AGRESTE



<http://vittorioromeo.info>



<http://unime.it>

# Contents

1.	Richiesta . . . . .	1
2.	Algoritmi di allocazione . . . . .	1
3.	Design ed implementazione . . . . .	2
3.1	Ambiente e tool di sviluppo . . . . .	2
3.2	Architettura applicazione . . . . .	2
3.3	Modalità d'uso . . . . .	6
4.	Statistiche . . . . .	6
5.	Diagrammi UML . . . . .	7
5.1	Class diagram . . . . .	7
5.2	Activity diagram . . . . .	7
6.	Manuale d'uso . . . . .	10
6.1	Modalità manuale . . . . .	10
6.2	Modalità automatica . . . . .	10
7.	Risultati ottenuti . . . . .	11
8.	Link e riferimenti . . . . .	13

# 1. Richiesta

Si richiede l'implementazione di un applicativo che simuli tre delle tecniche usate per eseguire l'allocazione della memoria utilizzando una free-list: **first-fit**, **best-fit** e **worst-fit**.

L'applicativo deve prevedere una situazione iniziale (randomica) della memoria e confrontare il risultato finale ottenuto dalle tre tecniche.

Supponendo che ogni confronto costi una unità, si analizzino le differenze in termini di costo e in termini di frammentazione esterna.

L'applicativo deve effettuare delle simulazioni al fine di esaminare il diverso comportamento delle tre tecniche mostrando ad ogni simulazione lo stato del sistema sia a video che su file di log.

L'applicativo deve essere sviluppato in **Python**.

# 2. Algoritmi di allocazione

AllocSim implementa i seguenti algoritmi di allocazione dei processi.

- **First-fit**: l'allocatore sceglierà il primo blocco abbastanza grande da poter contenere il processo.
- **Next-fit**: l'allocatore sceglierà il primo blocco (a partire dalla posizione dell'allocazione precedente) abbastanza grande da poter contenere il processo.
- **Best-fit (naive)**: l'allocatore scorrerà tutti i blocchi ed allocherà il processo in quello più piccolo che può contenerlo.
- **Worst-fit (naive)**: l'allocatore scorrerà tutti i blocchi ed allocherà il processo in quello più grande.
- **Best-fit (sorted list)**: l'allocatore terrà traccia dei blocchi in una lista ordinata per la loro grandezza. Partendo dall'inizio della lista sceglierà il primo blocco non occupato che può contenere il processo.
- **Worst-fit (sorted list)**: l'allocatore terrà traccia dei blocchi in una lista ordinata per la loro grandezza. Partendo dalla fine della lista sceglierà il primo blocco non occupato che può contenere il processo.

## 3. Design ed implementazione

### 3.1 Ambiente e tool di sviluppo

L'applicazione è stata implementata utilizzando il linguaggio di programmazione **Python 2.6**. L'ambiente di sviluppo utilizzato è **Arch Linux x64**. L'editor utilizzato per la stesura del codice è **Sublime Text 3**.

Il codice del progetto è open-source e disponibile pubblicamente sotto licenza **MIT** su **GitHub** al seguente indirizzo:

<https://github.com/Superv1234/AllocSim>

Il documento corrente è stato scritto usando  $\text{\LaTeX}$ , un sistema tipografico di alta qualità con numerose caratteristiche che agevolano la stesura di documenti **scientifici** e riguardanti la **programmazione**.

Un piccolo preprocessore  $\text{\LaTeX}$  scritto in **C++14** chiamato **LatexPP** è stato sviluppato ed utilizzato per la creazione di questo documento.

LatexPP permette di usare una sintassi intuitiva che evita la ripetizione di markup per l'highlighting del codice e delle macro.

La preprocessione e compilazione di un documento  $\text{\LaTeX}$  usando LatexPP è stata automatizzata usando il seguente script **bash**.

---

```
1  #!/bin/bash
2
3  latexpp ./manual.lpp > ./manual.tex
4  pdflatex -shell-escape ./manual.tex && chromium ./manual.pdf
```

---

### 3.2 Architettura applicazione

L'architettura dell'applicazione è stata designata utilizzando **principi OOP** (Object-Oriented Programming) e massimizzando la riusabilità delle classi.

Nella lista seguente sono riportati gli elementi che compongono l'architettura e il modo in cui sono relazionati, insieme a frammenti di codice che mostrano l'interfaccia delle classi più importanti dell'applicativo:

- **Blocco di memoria:** classe Python **Block** - rappresenta porzione dell'area di memoria presente nell'**Allocatore**. Può essere **occupato** o **libero**, ha un **byte di inizio** ed un **byte di fine**.

---

```
1  # Class representing a block of memory
2  class Block:
```

```

3      # Constructor
4      def __init__(self, mAllocator, mStart, mEnd):
5          # Allocator that owns the block
6          self.allocator = mAllocator
7
8          # Byte where the memory block begins
9          self.start = mStart
10
11         # Byte where the memory block ends
12         self.end = mEnd
13
14         # Is the memory block currently occupied?
15         self.occupied = False
16
17         # Returns the size of the memory block in bytes
18         def getSize(self):
19             return self.end - self.start

```

---

- **Allocatore:** classe Python `Allocator` - rappresenta un'area di memoria contigua che può essere frammentata ed utilizzata per istanziare **processi**. L'area di memoria viene divisa in **blocchi**. Contiene una lista di blocchi ordinata per posizione (in byte), una lista di blocchi ordinata per grandezza (utilizzata per implementare versioni degli algoritmi **best-fit** e **worst-fit** più efficienti), ed una lista di blocchi calcolata a runtime dei blocchi adiacenti liberi (**boundary-tag**). L'allocatore permette di **dividere** un blocco in due in una specifica posizione, di **occupare** o **liberare** la memoria, e di **unificare** i blocchi contigui liberi.

---

```

1      # Class representing a memory allocator
2      class Allocator:
3          # Constructor
4          def __init__(self, mSize): ...
5
6          # Restores the allocator to its original state
7          def reset(self): ...
8
9          # Return a tuple containing the block that includes the byte 'mX' and its index
10         def getBlockAt(self, mX): ...
11
12         # Inserts a block in the sorted list, in the correct position
13         def insertSorted(self, mX): ...
14
15         # Splits the memory owned by the allocator at the byte 'mX'
16         # Returns a tuple containing the two halves in which the block was split and the
17         # index of the first half

```

```

18     def splitAt(self, mX): ...
19
20     # Merges all adjacent unoccupied blocks
21     def reclaim(self): ...
22
23     # Free the memory in all the blocks, making them unoccupied
24     def free(self): ...
25
26     # Print an ASCII graph of the state of the allocator
27     def printInfo(self): ...
28
29     # Return a number representing the average fragmentation of the allocator
30     def getFragmentation(self): ...
31
32     # Execute an algorithm and print its result
33     def executeAlgorithm(self, mAlgorithm, mX): ...
34
35     # The "first fit" algorithm simply iterates over all blocks
36     # until it finds a block which is suitable for the desired
37     # memory allocation
38     def insertFirstFit(self, mX): ...
39
40     # The "next fit" algorithm uses the same logic as the "first fit" algorithm,
41     # but starts looking for an unoccupied block at the last block index
42     def insertNextFit(self, mX): ...
43
44     # The "best fit" algorithm iterates over all available blocks
45     # and selects the one that wastes less space for the memory allocation
46     # This algorithm could be improved by keeping a separate list of memory blocks,
47     # ordered by size
48     def insertBestFitNaive(self, mX): ...
49
50
51     # The "worst fit" algorithm iterates over all available blocks
52     # and selects the one that wastes most space for the memory allocation
53     # This algorithm could be improved by keeping a separate list of memory blocks,
54     # ordered by size
55     def insertWorstFitNaive(self, mX): ...
56
57     # The "best fit" algorithm starts from the beginning of the sorted list
58     def insertBestFitSL(self, mX): ...
59
60     # The "worst fit" algorithm starts from the end of the sorted list
61     def insertWorstFitSL(self, mX): ...

```

---

L'allocatore contiene tutta la logica riguardante l'esecuzione degli **algoritmi** richiesti,

ed anche la logica per la generazione di un **grafico ASCII** che rappresenta lo stato dell'area di memoria.

- **Algoritmi:** contenuti nella classe Python `Allocator` - oltre agli algoritmi richiesti (**first-fit**, **best-fit**, **worst-fit**), sono stati designati ed implementati anche i seguenti: **next-fit**, **best-fit** (con lista ordinata), e **worst-fit** (con lista ordinata). Gli algoritmi agiscono sui **blocchi**, liberi o occupati da **processi**.
- **Simulazione:** gestite da Python tramite le funzioni `runSimulations` and `simulate` - una simulazione, al suo inizio, genera una lista randomica di **processi**, la quale viene testata in N **sottosimulazioni**, le quali eseguono uno degli **algoritmi** sulla medesima lista di processi, restituendo un **set di risultati**.
- **Sottosimulazione:** esegue un **algoritmo** su un set di **processi** generato randomicamente. Pulisce l'**allocatore** dalle sottosimulazioni precedenti ed esegue calcoli statistici per verificare l'efficienza di un algoritmo, riportata in un **set di risultati**.
- **Processo:** classe Python `Process` - rappresenta un processo del sistema operativo utilizzato per le simulazioni automatiche. Ogni processo ha un **tempo di entrata** (momento in cui il sistema prova ad allocare il processo), un **tempo di esecuzione** (numero di unità di tempo necessarie al completamento del processo), un numero di **byte richiesti** per l'esecuzione del processo (che saranno forniti, se possibile, attraverso l'allocazione di un **blocco** libero). I processi randomicamente vengono generati all'inizio di una **simulazione**.

---

```
1  # Class representing a single process
2  class Process:
3      # Constructor
4      def __init__(self, mID, mStart, mRequired, mMem):
5          # Process ID
6          self.id = mID
7
8          # Execution start time
9          self.start = mStart
10
11         # Time required for execution
12         self.required = mRequired
13
14         # Memory required for execution
15         self.size = mMem
16
17         # Block being occupied by the process
18         self.block = None
```

```

19
20     # Returns 'True' if the process has ended
21     def finished(self):
22         return self.required <= 0

```

---

- **Set di risultati:** istanziato e stampato alla fine di una **simulazione**. Contiene informazioni riguardo il **numero di comparazioni**, **frammentazione media** e **punteggio totale** di ogni **algoritmo** testato durante la simulazione. Minore il punteggio, più efficiente l'algoritmo.

### 3.3 Modalità d'uso

L'applicativo può essere eseguito in due modalità: **modalità manuale** e **modalità automatica**.

- **Modalità manuale:** gestita dalla funzione Python `mainManual` - questa modalità permette all'utente di interagire manualmente con l'**allocatore**, eseguendo allocazioni singole e visualizzando tramite un **grafico ASCII** il loro risultato.
- **Modalità automatica:** gestita dalla funzione Python `mainAutomatica` - genera N simulazioni (valore passato da linea di comando, come primo parametro) e le esegue, scrivendo a video e su log i loro risultati.

## 4. Statistiche

Le statistiche effettuate dall'applicativo sono le seguenti:

- **Confronti effettuati:** per verificare l'efficienza di un algoritmo rispetto ad un altro verrà conteggiato il numero dei confronti effettuati nella ricerca di un blocco adatto ad un processo.
- **Frammentazione esterna media:** ogni iterazione di una simulazione verrà conservata ed accumulata la frammentazione esterna corrente. Alla fine della simulazione la frammentazione accumulata verrà divisa per il numero di iterazioni e mostrata all'utente.

Durante una singola iterazione la frammentazione media viene calcolata con la formula seguente:

$$externalFragmentation = 1.0 - \frac{biggestFreeBlockSize}{totalFreeMemory}$$

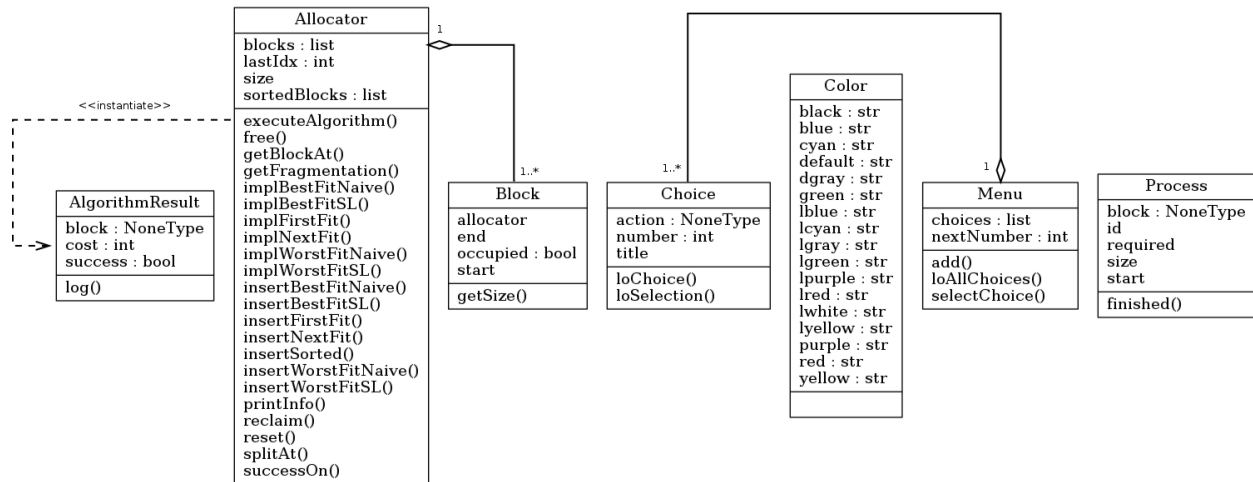


## 5. Diagrammi UML

### 5.1 Class diagram

Viene qui riportato il **class diagram** UML delle classi contenute nel progetto. Il diagramma è stato realizzato automaticamente dall'applicazione **pyreverse**.

Figure 1: Diagramma UML delle classi.



### 5.2 Activity diagram

Sono riportati a seguire due **activity diagram**, che mostrano la funzionalità dell'applicativo al suo avvio e il funzionamento dell'algoritmo best-fit.

Figure 2: Diagramma: esecuzione applicativo.

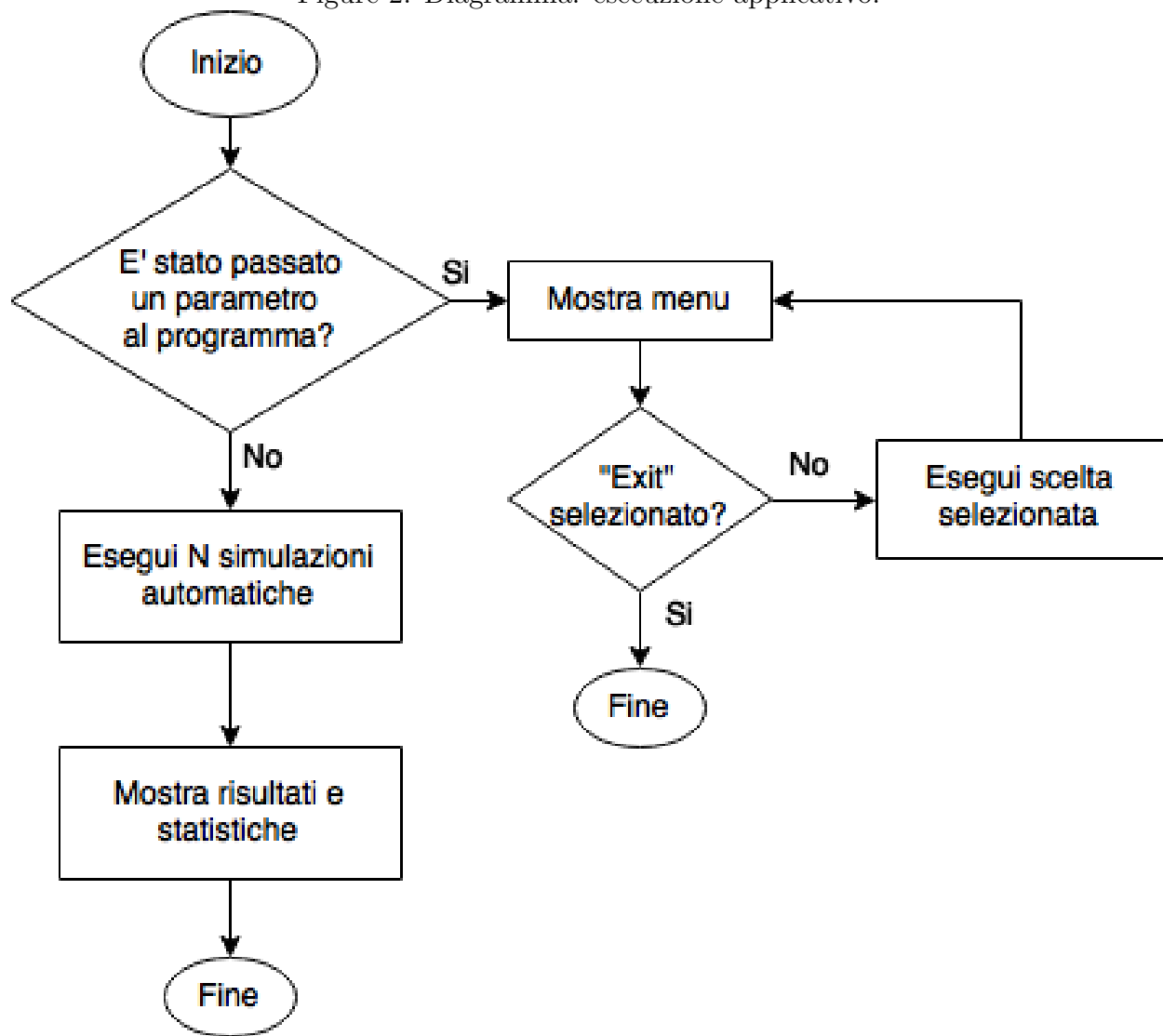
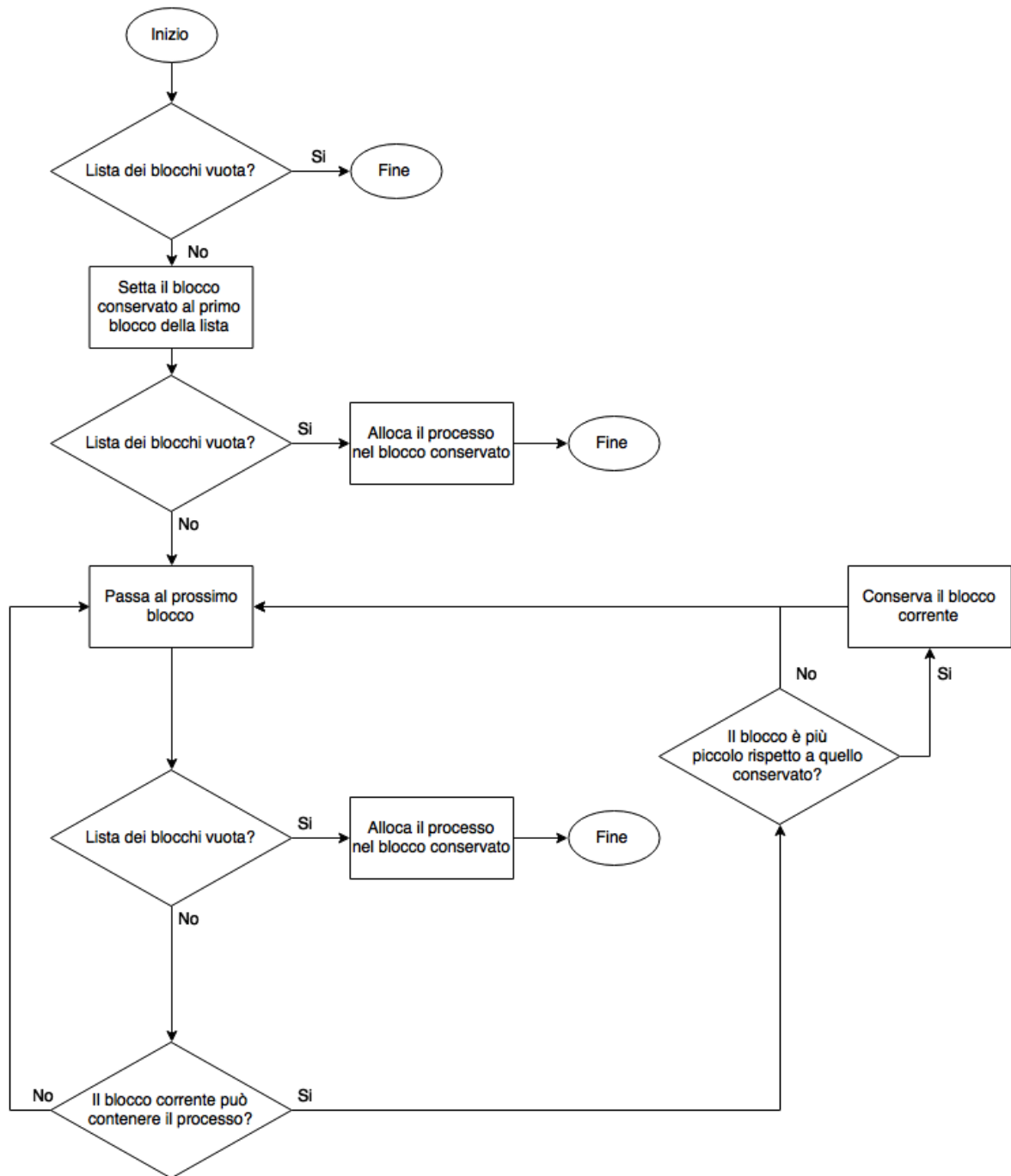


Figure 3: Diagramma: algoritmo best fit.



## 6. Manuale d'uso

L'applicazione è molto **user-friendly**: semplice da usare e robusta. Gli input forniti dall'utente vengono controllati, ed in caso di input non validi l'utente può ritentare senza causare errori o crash.

### 6.1 Modalità manuale

Per avviare l'applicazione in **modalità manuale** è sufficiente lanciarla da linea di comando senza parametri:

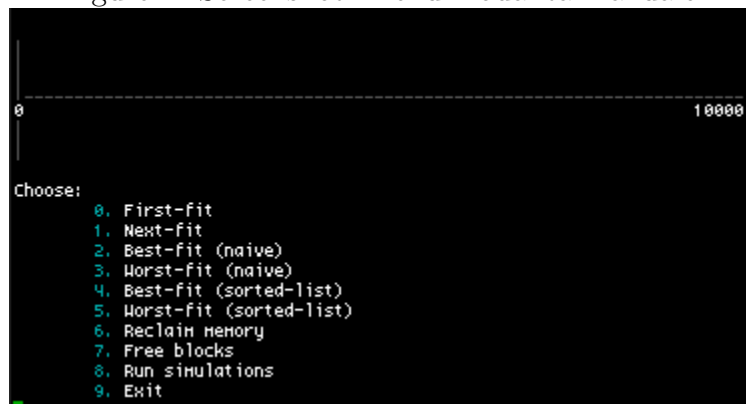
---

```
1 ./project.py
```

---

Dopo aver avviato il programma, l'utente vedrà il seguente menù:

Figure 4: Screenshot: menù modalità manuale.



L'utente potrà scegliere tra le varie funzioni dell'allocatore e visualizzare su schermo in maniera grafica i loro risultati.

### 6.2 Modalità automatica

Per avviare l'applicazione in **modalità automatica** è sufficiente lanciarla da linea di comando con il numero di simulazioni desiderato:

---

```
1 # Esempio (3 simulazioni)
2 ./project.py 3
```

---

Dopo aver avviato il programma, le simulazioni partiranno automaticamente ed il loro funzionamento sarà mostrato sia a video che su log.

Figure 5: Screenshot: modalità automatica.

```

Success: False
Cost: 3
P[3] - insertion failed
T(55): P[3] must start

Success: False
Cost: 3
P[3] - insertion failed
T(55): P[3] finished its execution

|-----|
0                                             10000

T(56): P[3] must start

Success: True
Cost: 1
P[3] successfully inserted

|-----|
0                                             10000
|#####|-----|
6368

T(69): P[3] finished its execution

|-----|
0                                             10000

Results:
Results for first-fit:
Comparisons: 206
Avg. fragmentation: 27.7777777778

Results for next-fit:
Comparisons: 205
Avg. fragmentation: 27.7777777778

Results for best-fit (naive):
Comparisons: 249
Avg. fragmentation: 62.0669655172

Results for worst-fit (naive):
Comparisons: 215
Avg. fragmentation: 27.7777777778

```

## 7. Risultati ottenuti

Avendo eseguito 1000 simulazioni ripetutamente ed avendo calcolato la media sui dati statistici restituiti da esse, notiamo che i valori riportati sono in linea con quelli comunemente aspettati per gli algoritmi scelti.

```
1  TOTAL Results for first-fit:
2      Avg. comparisons: 419
3      Avg. fragmentation: 37.0976293895
4
5  TOTAL Results for next-fit:
6      Avg. comparisons: 405
7      Avg. fragmentation: 37.227405137
8
9  TOTAL Results for best-fit (naive):
10     Avg. comparisons: 419
11     Avg. fragmentation: 35.3508336604
12
13 TOTAL Results for worst-fit (naive):
14     Avg. comparisons: 442
15     Avg. fragmentation: 37.4901873478
16
17 TOTAL Results for best-fit (sorted list):
18     Avg. comparisons: 432
19     Avg. fragmentation: 35.7433916187
20
21 TOTAL Results for worst-fit (sorted list):
22     Avg. comparisons: 416
23     Avg. fragmentation: 37.0976293895
```

---

I risultati sono stati calcolati simulando l'entrata ed uscita continua di processi di dimensioni randomiche e durata randomica.

E' possibile notare che, utilizzando questo tipo di simulazione:

- il numero medio di comparazioni e frammentazione su tutte le 1000 simulazioni varia poco in base all'algoritmo. Questo è dovuto alla grandezza e durata randomica dei processi: è a volte possibile che un processo occupi l'intero allocatore per più unità di tempo o che molti processi piccoli e rapidi escano ed entrino continuamente.
- gli algoritmi **first-fit** e **next-fit** hanno risultati estremamente simili. Il **next-fit**, tuttavia, ha in media un numero minore di comparazioni in quanto i blocchi allocati in precedenza vengono subito saltati grazie all'indice conservato che punta al blocco dell'ultimo allocazione.
- l'algoritmo **best-fit** (sia naive che con sorted-list) ha sempre **frammentazione esterna minore** rispetto all'algoritmo **worst-fit** (sia naive che sorted-list). Il numero di comparazioni tra i due non è legato alla scelta dell'algoritmo ma alla generazione randomica dei processi - il **worst-fit** può avere meno comparazioni del **best-fit** e viceversa.

## 8. Link e riferimenti

Nella stesura di questo documento e nell'implementazione del progetto AllocSim i seguenti riferimenti sono stati utilizzati:

- Operating System Concepts - Silberschatz: <http://os-book.com/>
- Wikipedia: Memory management: [https://en.wikipedia.org/?title=Memory\\_management](https://en.wikipedia.org/?title=Memory_management)
- Wikipedia: Fragmentation: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fragmentation\\_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Fragmentation_(computing))
- ShareLaTeX learn: <https://www.sharelatex.com/learn>
- Wikipedia - Software engineering: [http://en.wikipedia.org/wiki/Software\\_engineering](http://en.wikipedia.org/wiki/Software_engineering)
- Sito web UNIME: <http://unime.it>
- Il mio sito personale: <https://vittorioromeo.info>
- LatexPP su GitHub: <https://github.com/SuperV1234/Experiments>
- Documentazione Git: <https://git-scm.com/documentation>
- GitHub: <https://github.com/>
- Wiki di Arch Linux: <https://wiki.archlinux.org/>