



Università degli Studi di Padova

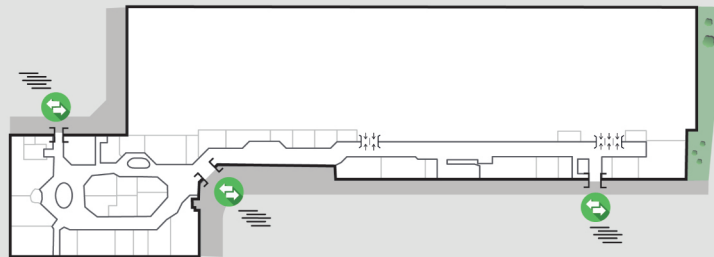
Dipartimento di Scienze Statistiche

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Statistiche

Ottimizzazione Stocastica

Relazione Tecnica - Esercitazione con l'ausilio del software di simulazione Anylogic

Simulazione dell'utenza nell'- ipermercato "Auchan" di Padova



Studenti:

Giatti Vittorio, matr. 1141794
Manca Lorenzo, matr. 1157067

Didattica:

Prof. Andreatta Giovanni
Prof. De Giovanni Luigi

Indice

1. La natura del problema	pag. 5
2. Descrizione del caso oggetto	pag. 6
2.1. Reperibilità del dato	pag. 6
2.2. Il trattamento del dato	pag. 9
3. Implementazione in ambito di simulazione	pag. 14
3.1. Il modello logico	pag. 14
3.2. Rappresentazione in 2D	pag. 17
3.3. Rappresentazione in 3D	pag. 18
4. Risultanze della simulazione	pag. 20
3.1. Configurazione standard	pag. 20
3.2. Variazione nell'orario di apertura delle casse	pag. 21
3.3. Variazione nel tasso di arrivo	pag. 23

1.

La natura del problema

Il tempo di attesa in coda e il tempo speso all'interno di un dato sistema sono indicatori prestazionali, che influenzano il grado di raggiungimento di determinati obiettivi prefissati, in termini contestualmente relativi.

Uno dei più “classici” esempi di sistemi a coda presenti nell'immaginario collettivo, è sicuramente quello del supermercato.

La simulazione in adeguato ambito computazionale è utile per studiare il sistema del supermercato, in quanto esso non è assimilabile da un generico sistema a coda (es. $M/M/k$). I tassi di arrivo sono variabili di tempo continuo e quindi non plasmabili da una distribuzione; anche il numero delle casse aperte varia in base al tempo, ed al numero di persone presenti nel supermercato. Anche modificando i tassi di arrivo mediante intervalli temporali, il tempo speso all'interno del supermercato dai vari utenti, non risolve il problema che un utente servito al tempo $t(1)$, possa essere giunto all'interno del sistema al tempo $t(0)$. C'è quindi un ritardo dovuto al tempo speso all'interno del supermercato.

L'implementazione di variabili aleatorie opportunamente definite, aiuta a venire incontro alla rappresentazione modellistica del problema.

2.

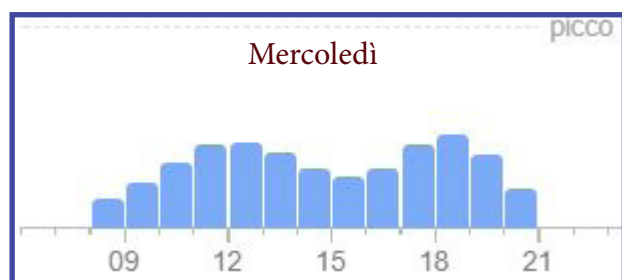
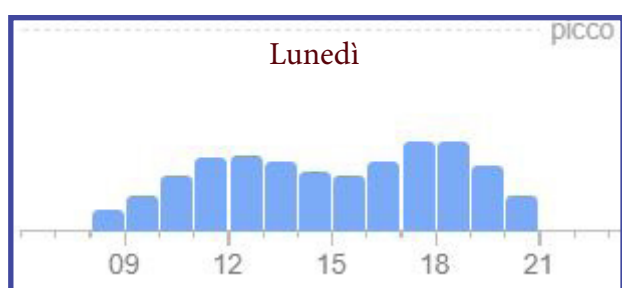
Descrizione del caso oggetto

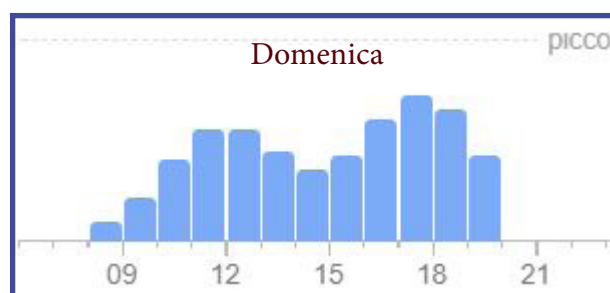
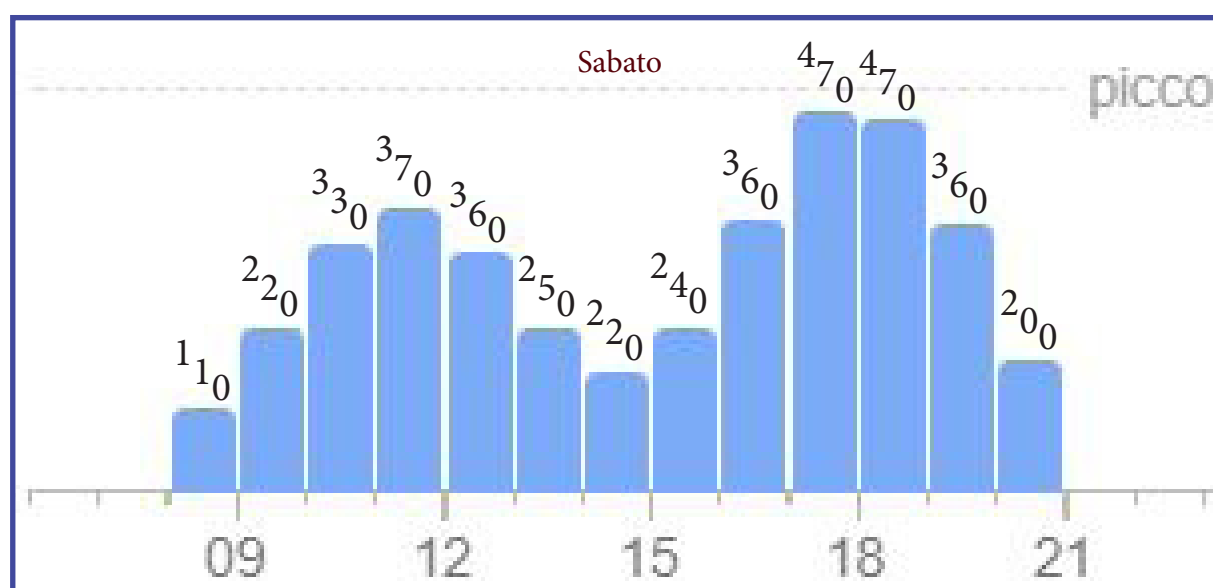
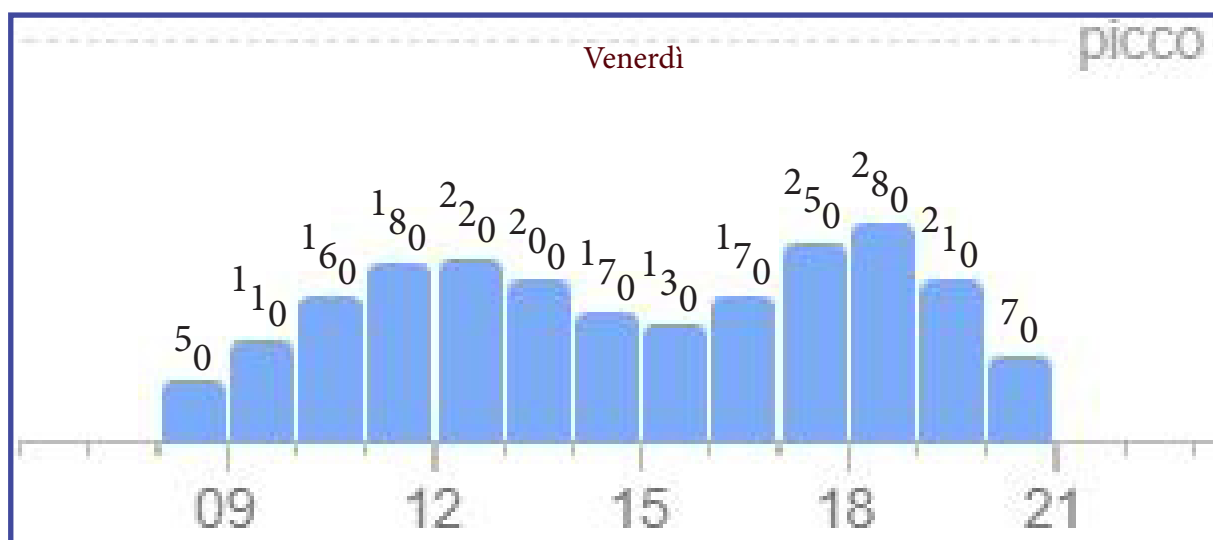
Il progetto prende vita, nella fattispecie, dall'organizzazione del sistema a code dell'ipermercato "Auchan", presso il "Centro Giotto" di Via Venezia, 61 a Padova (PD). In questo, sono presenti dieci casse automatiche, dieci casse tradizionali e vari reparti.

2.1.

Reperibilità del dato

L'entità numerica degli arrivi è un dato difficile da reperire, ancor più per le diverse fasce orarie. Tramite il sito "Google", è possibile reperire degli istogrammi pesati sulle diverse fasce orarie giornaliere e settimanali. Non conoscendo il numero presente negli istogrammi, è stato necessario approssimare il numero di persone presenti in una fascia oraria, contandole manualmente., per poi proporzionarne la grandezza alle altre. Seguono i grafici suddetti, nelle giornate di venerdì e sabato, sono presenti i valori calcolati.





Per i tempi di servizio dei serventi, è stato necessario effettuare delle misurazioni tramite cronometro all'interno dell'esercizio. È risultato che la media è 2,55 minuti sia per la cassa automatica, che per la cassa tradizionale. Minimi e massimi sono 50 secondi e 5 minuti per la cassa automatica, e 30 secondi e 5 minuti per la cassa tradizionale. Le casse automatiche sono aperte per tutto l'arco della giornata. Mentre il numero di casse "normali" aperte dipende dalla fascia oraria, e questo dato è stato facilmente recuperato all'ufficio clienti dell'ipermercato, come segue:

Orario	n° casse "normali" aperte
08:00 / 13:00	4
13:00 / 16:00	2
18:00 / 21:00	8

Si osserva, come è logico pensare, che il numero di casse aperte è più alto nelle ore di punta.

Il tempo speso all'interno, è definito con un tempo medio speso in ogni reparto, secondo distribuzione aleatoria, sempre osservando in vari momenti il comportamento degli utenti nei vari reparti.

Altra osservazione è il fatto che esistono diverse tipologie d'utenza (famiglie, giovani, lavoratori under 30, e così via) che si comportano diversamente all'interno dell'ipermercato, seguendo percorsi differenti e quindi trattenendosi con tempistiche diverse nei vari reparti. Inoltre portando un numero di prodotti acquistati in cassa diverso, influenzando il tempo di servizio del servente in cassa. Non essendo disponibili dati precisi al riguardo, ed essendo difficile fare ipotesi verosimili, si è deciso di non predisporre le diverse tipologie di utenti, ma di rendere i tempi di permanenza all'interno dell'esercizio distribuiti secondo variabile aleatoria uguale per tutti gli utenti.

È osservato che alcuni clienti escono senza spesa, che alcune casse a volte sono fuori uso, e che alcuni clienti preferiscono la cassa automatica invece di quella con servente e viceversa sostanzialmente in base alla coda, a meno che non ci siano problemi particolari. Anche perché, ci è stato riferito che nel suddetto supermercato, le casse automatiche presenti non hanno limite sul numero di pezzi acquistabili tramite la stessa, diversamente da altre realtà, in cui queste hanno un limite (es. 30 pezzi) per obbligare l'utente a recarsi alla cassa tradizionale. Inoltre, all'interno dell'ipermercato esistono dei serventi appositi per i freschi: uno per il pesce e uno per salumi e formaggi, per i quali è presente una coda ad hoc. I serventi interni hanno anche una coda, che viene gestita tramite la presa del biglietto ed oltre una certa soglia gli utenti sono meno propensi ad entrare in coda. Parecchi utenti inoltre, quando la coda è consistente, le persone prendono la prenotazione e tornano dopo un certo lasso di tempo, quando circa è il loro turno.

2.2.

Trattamento del dato

Osservando sabato come la giornata più affollata e quindi individuata come “peggiore” e potenzialmente critica, si è scelto di considerarla per l'esempio di studio.

Il tasso di arrivo (λ) è stato calcolato rapportando il numero di arrivi (la cui unità di misura “U” sono gli utenti), all'intervallo di tempo (in questo caso “I” si è deciso essere un'ora); cioè ne risulta $\lambda = n^{\circ} \text{utenti (i)} / U$.

Segue una tabella riassuntiva dei valori calcolati:

Sabato

I	λ
08:00 / 09:00	1,83
09:00 / 10:00	3,6
10:00 / 11:00	5,5
11:00 / 12:00	6,16
12:00 / 13:00	6
13:00 / 14:00	4,16
14:00 / 15:00	3,6
15:00 / 16:00	4
16:00 / 17:00	6
17:00 / 18:00	7,83
18:00 / 19:00	7,83
19:00 / 20:00	6
20:00 / 21:00	3,3

Le distribuzioni aleatorie individuate per i tempi spesi nei vari reparti sono i seguenti:

Reparto	Distribuzione	Parametri
Salato	Triangolare	(1, 2, 5)
Salumi senza servente	Triangolare	(1, 1.5, 2.5)
Giocattoli	Triangolare	(1.5, 2, 3.5)
Pesce senza servente	Triangolare	(1.5, 2, 3.5)
Verdura e Frutta	Triangolare	(2, 3.5, 5)
Acqua e Bibite	Triangolare	(2, 4, 8)
Carni	Triangolare	(1, 2, 5)
Dolci	Triangolare	(1, 2, 3.5)
Elettronica e Domestici	Triangolare	(1.5, 4.5, 18)
Vestiario	Triangolare	(3, 6, 15)
Reparto frigo	Triangolare	(1.5, 2.5, 5)
Igiene Personale	Triangolare	(1, 1.5, 5)
Pane Biscotti	Triangolare	(3, 5, 7.5)
Surgelati	Triangolare	(0.7, 1.5, 3)
Igiene Casa	Triangolare	(1, 1.5, 5)
Salumi e Formaggi Servente	Triangolare	(1, 2, 7)
Pesce Servente	Triangolare	(1.5, 2.5, 7)

Ad ogni reparto viene associata anche una distribuzione di tempo più breve che dal punto di vista del modellistico rappresenta il tempo in passaggio al reparto (es. controllo di un prezzo, ecc.); questa distribuzione di tempo è stata individuata nell'ordine di circa 15-20-25 secondi a reparto (con una triangolare (0.3, 0.5, 0.8)). Mentre, supposto che un utente passi per il reparto, la probabilità che si fermi a lungo, è così definita:

Reparto	Probabilità
Salato	0.6
Salumi senza servente	0.6
Giocattoli	0.2
Pesce senza servente	0.3
Verdura e Frutta	0.9
Acqua e Bibite	0.6
Carni	0.6
Dolci	0.5
Elettronica e Domestici	0.7
Vestiario	0.3
Reparto frigo	0.6
Igiene Personale	0.6
Pane Biscotti	0.6
Surgelati	0.6
Igiene Casa	0.6
Salumi e Formaggi Servente	vedi sotto
Pesce Servente	0.6

Il reparto “frutta e verdura” ha un delay deciso in base alla gente che c'è, perché vi sono un numero di bilance finito.

Il reparto “pesce con servente” ha un servente con coda.

Il reparto “salumi con servente”, dato il fatto che è esposto ad un maggiore affollamento, rispetto alla pescheria, si è stabilito che vi sia una diminuzione di probabilità di fermarsi ad acquistare a questo reparto se la fila supera gli otto utenti in fila. inoltre, se vi sono più di quattro utenti in fila, vi è un 50% di probabilità che l'utente prenda prima il biglietto ritorni con quando è il suo turno, con priorità.

Mentre la probabilità che un utente si rechi ai reparti, è stata decisa con delle probabilità fissate:

Reparto	Probabilità
Salato	0.8
Salumi senza servente	0.2
Giocattoli	0.5
Pesce senza servente	0.5
Verdura e Frutta	0.8
Acqua e Bibite	0.9
Carni	0.9
Dolci	0.9
Elettronica e Domestici	0.9
Vestiaro	0.05
Reparto frigo	0.99
Igiene Personale	0.9
Pane Biscotti	0.9
Surgelati	0.9
Igiene Casa	0.9
Salumi e Formaggi Servente	0.06
Pesce Servente	0.02

Essendo la realtà studiata un ipermercato di circa 7200 m^2 (circa $180 \times 40 \text{ m}$), è naturale pensare alla possibilità di un tempo investito abbastanza rilevante per andare da un reparto all'altro. Oltre al tempo speso nei vari reparti, ai ritardi è stato aggiunto un ritardo adeguato anche per il corridoio.

Corridoio	Triangolare	(3.5, 7, 20)
-----------	-------------	----------------

Inoltre, la probabilità di passare per il corridoio è del 99%

Le rotture delle casse ed i problemi quali, per esempio, un cliente che è più lento del normale (es. non funziona il bancomat, non sa come funziona, è disabile, ecc), vengono definiti anch'essi tramite distribuzione aleatoria come segue:

Guasti	Poisson	rate = 0.0001
Problemi	Binomiale	p = 0,01

Tramite le misurazioni, si è convenuto che le distribuzioni del tempo di servizio alle casse , può essere sintetizzato da una distribuzione come segue:

Cassa automatica	Triangolare	(0.8; 1,5; 5)
Cassa tradizionale	Triangolare	(0.5; 2; 5)

Tempi di riparazione/cambiamento del tempo con problema:

Guasti	Poisson	rate = 0.01
Problemi	Triangolare	(3, 5 , 8) solo cassa automatica

I due serventi all'interno dell'ipermercato hanno due code con capacità massima 30. Le priorità sono gestite tramite FIFO, e chi prende prima il biglietto viene servito per primo.

3. Implementazione in ambito di simulazione

3.1. Il modello logico

Si è ritenuto opportuno simulare la realtà del problema con un modello di simulazione ad eventi discreti.

L'unità di tempo scelta è il minuto e per l'esperimento si è deciso di partire da un tempo di inizio $t = 0$ e un tempo di inizio $t = 780$, perché il supermercato è aperto per 780 minuti (dalle 08:00 alle 21:00).

È stato inserito in totale nel modello:

n. 2 "source", sorgente;



n. 32 "delay", ritardi;



n. 12 "queue", code;



n. 10 "select output 5 selections",
selettore con 5 uscite;



n. 18 "select output 2 selections",
selettore con 2 uscite;



n. 14 "variable", variabile;



n. 13 "sink", nodo terminale;



n. 1 "table function", tabella
con valori;



n. 1 "java class" (con 5 valori);



n. 1 "data set", set di dati;



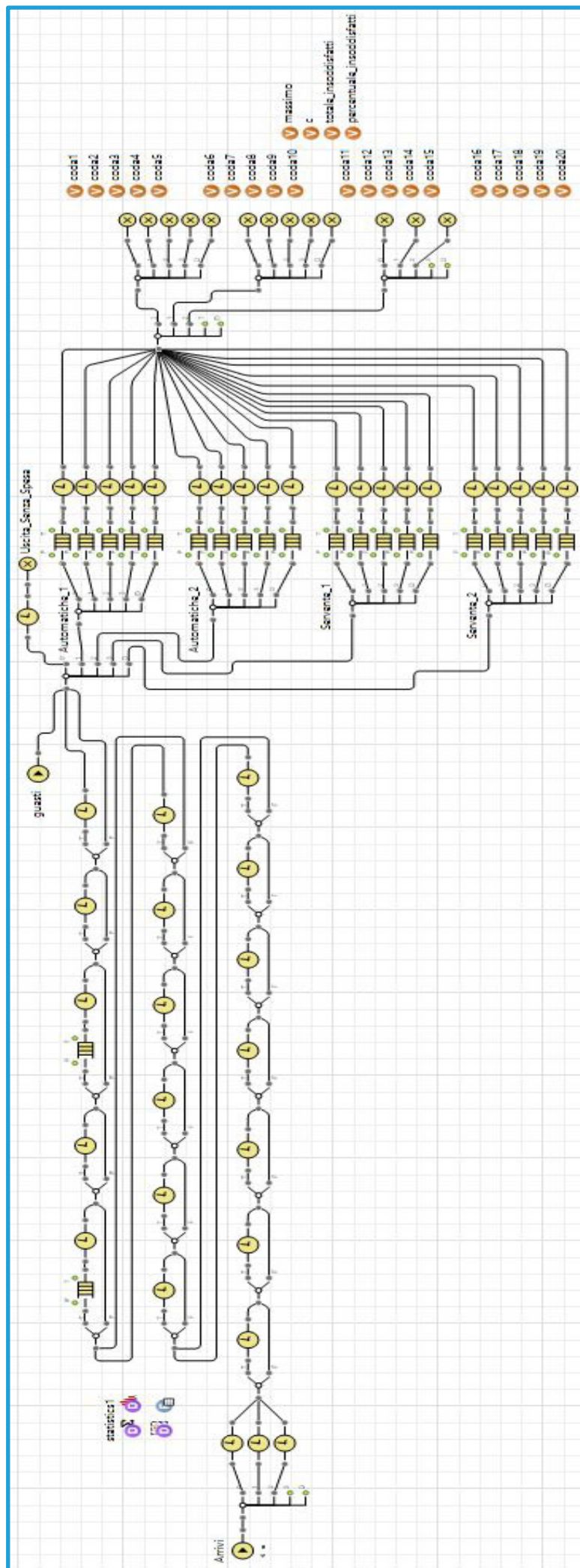
n. 1 "statistic", statistica;



n. 1 "histogram data", istogrammi con dati;



L'immagine riportata nella pagina successiva riporta il modello completo utilizzato per il progetto.



3.2.

Rappresentazione in 2D

È stata rappresentata la struttura planimetrica dell'edificio come base per la simulazione in 2D. Si è inserito i vari reparti disegnandoli nella loro posizione reale; inoltre sullo sfondo di questi ultimi è stato inserita un'immagine rappresentativa dello stesso reparto. Successivamente, si è inserito le casse come oggetti 3D, che rendono idea della loro forma anche in due dimensioni. Segue la rappresentazione risultante.



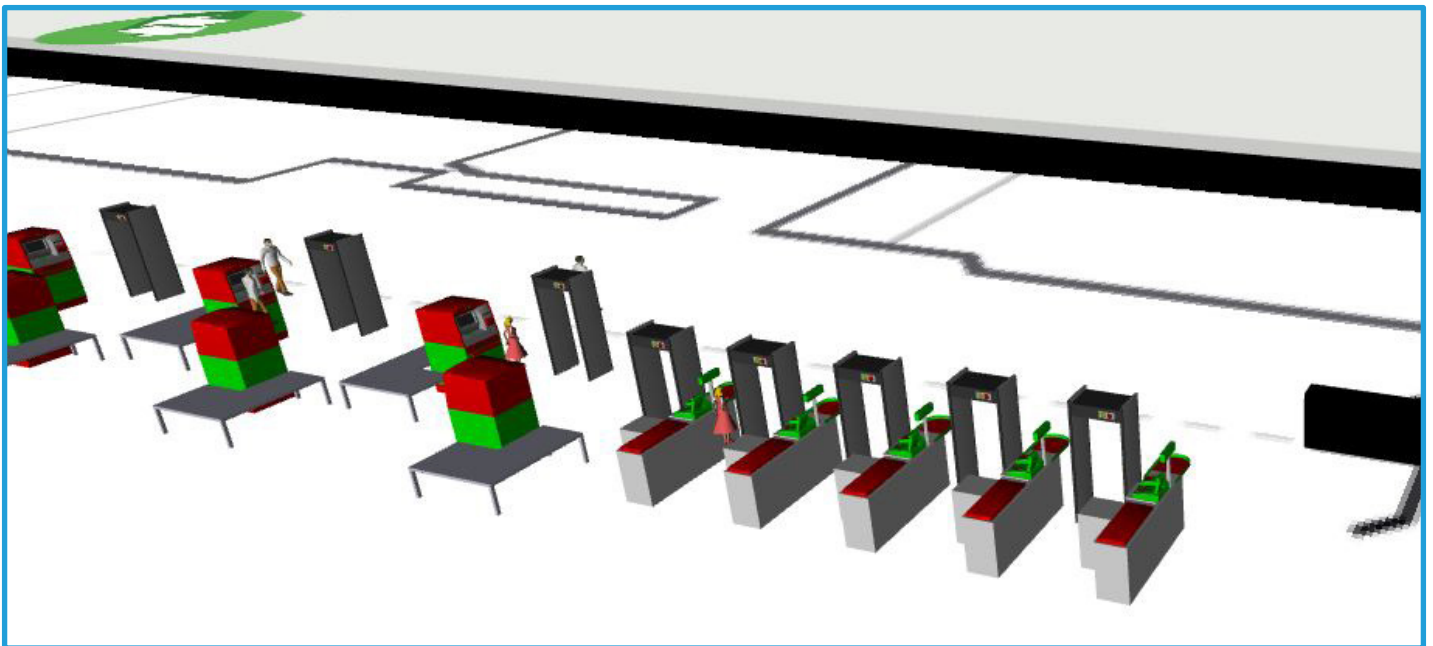
3.3.

Rappresentazione in 3D

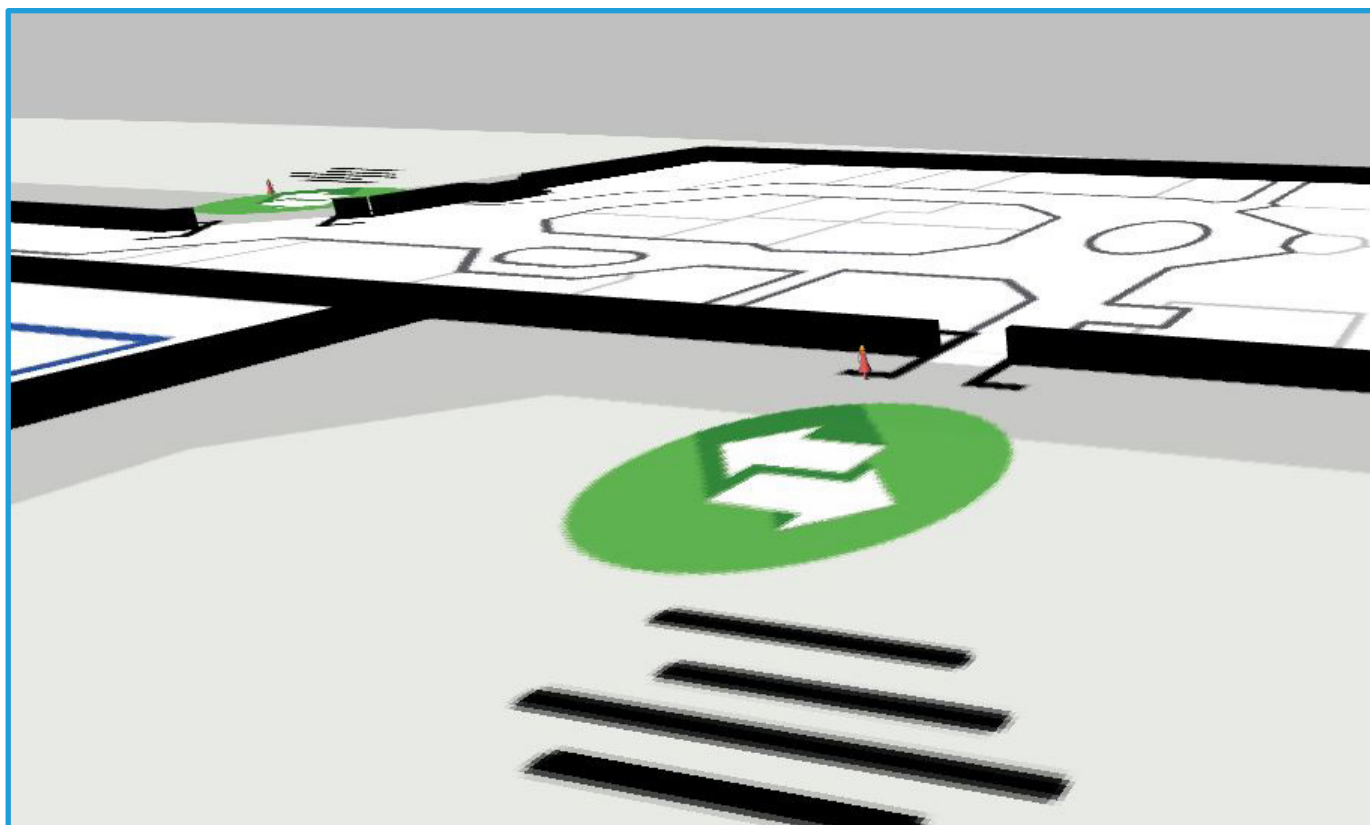
Sulla base in due dimensioni, sono state apposte alcune telecamere per la vista in tre dimensioni, in particolare tre: una per la vista sulle casse, una sull'entrata 1", posta a nord-ovest, ed una che restituisse una vista il più globale possibile sui reparti. Sono inoltre state inserite due figure umanoidi, una di sesso femminile, ed una di sesso maschile.

Le viste delle telecamere sono le seguenti:

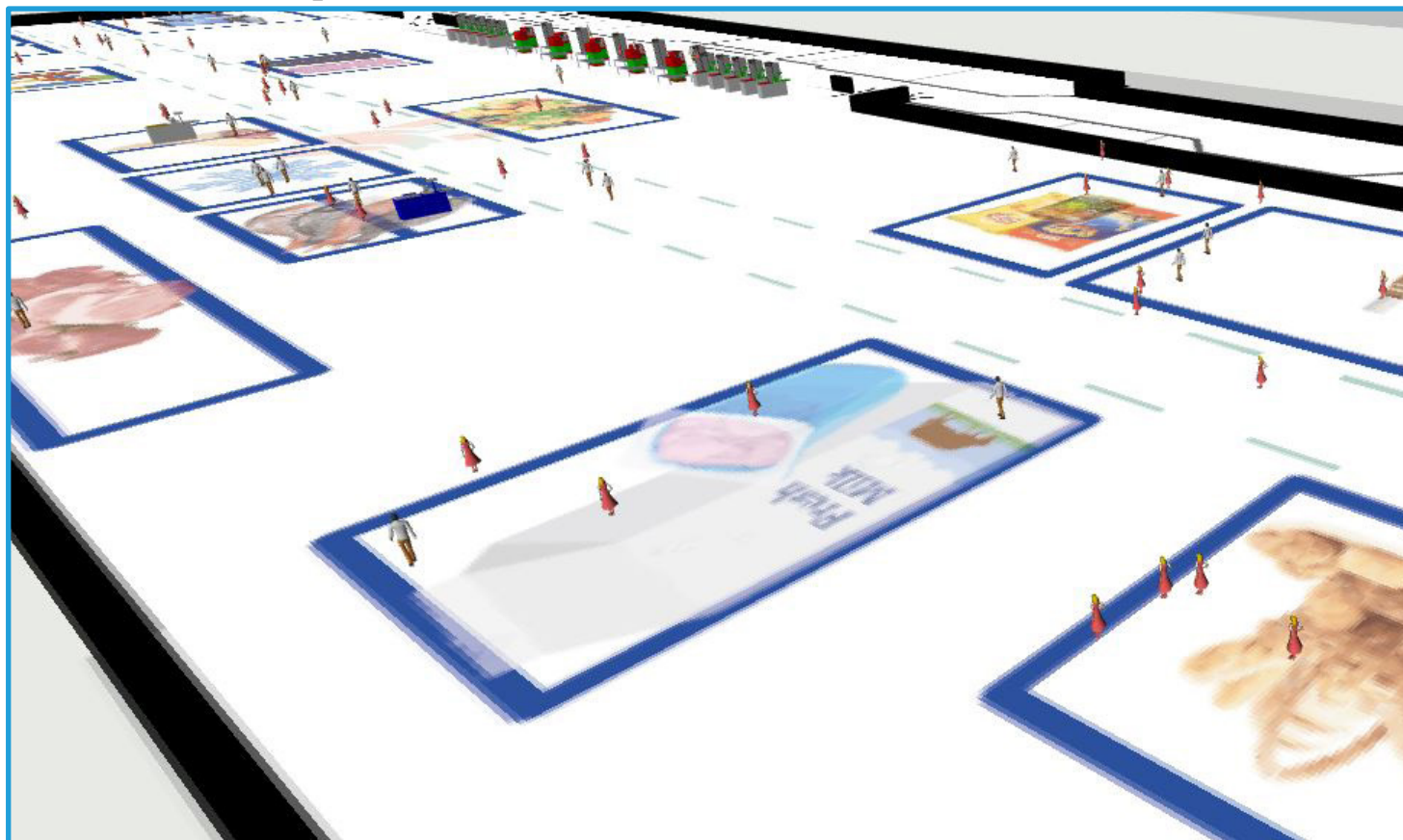
Vista Casse



Vista Entrata 1



Vista Reparti



4.

Risultanze della simulazione

È stato deciso di effettuare dieci simulazioni per dare un giudizio più preciso sui risultati. Oltre alla configurazione presentata del progetto, post visione dei risultati, abbiamo scelto di provare ad intervenire in quelle che ci sono sembrate delle criticità per il sistema; ragionando su come questi dati possano avvenire realmente in “occasioni speciali” sotto opportune ipotesi. In particolare si è modificato l’apertura delle casse e l’arrivo dell’utenza. Ogni valore restituisce il tempo di attesa medio alle casse (sia automatiche, che normali) per fascia oraria. La media (A) è dunque, la media di queste medie.

4.1.

Configurazione standard

La configurazione standard, è con i tassi d’arrivo e il numero di casse precedentemente illustrati.

# \ I	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	M	m	%r
1	2,3	2,8	3,4	5	5,7	9,2	3	4	3,4	5,5	6,6	4,9	2,4	15,4	5	4,7
2	2,4	2,6	4,2	5,8	9,8	6	3	3,5	3,5	5,7	7,7	6,1	2,5	16,3	5,3	8,8
3	2,5	2,7	3,4	6,2	11,4	8,9	3,5	3,1	3,6	8	14	15	4	27	7,7	31,9
4	2,4	2,5	4,5	4,4	7	6,6	3	3,5	3,6	7,6	11,2	7,6	2,7	18,8	6	15
5	2,5	2,4	3,3	5,9	14,4	14,8	5,2	3,4	3,3	3,7	5,7	3,9	2,6	25,5	6	18
6	2,4	2,9	3,5	5,6	13,5	9	3	3	3,3	5,6	9,1	6,2	2,5	22	6	17,3
7	2,4	2,8	3,8	6	15,8	18	9,3	3	3,5	6,5	12,8	10,6	3	28	8	35
8	2,3	2,6	4,1	7,1	9,1	5,7	3,1	3,8	3,5	4,7	9,7	9,2	2,7	20	6	14
9	2,6	2,7	4,6	5	9,5	10	3	2,9	3,3	4,5	5,8	4,2	2,7	20	5	8
10	2,4	2,6	4	6,6	7,7	7,3	2,8	3,2	3,2	4,3	9,2	5,7	2,6	17,2	5	7,8
A	2,4	2,66	3,88	5,76	10,4	9,5	3,9	3,3	3,4	5,6	9,2	7,3	2,8	21	6	16

Legenda:

I, intervallo di tempo;

#, numero di esperimento;

M, massimo (MAX), il tempo massimo registrato;

m, minimo (min), il tempo minimo registrato;

%r, percentuale di insoddisfazione;

A, media misurata dell'esperimento (average).

4.2.

Variazione nell'orario di apertura delle casse

Osservati i tempi di attesa alle casse con i tassi standard, si nota una concentrazione dei tempi d'attesa maggiore, tra le 12:00 e le 14:00 e tra le 18:00 e le 20:00. Dunque si potrebbe cercare di bilanciare i tempi d'attesa durante la giornata tramite l'apertura di altre casse negli orari di punta e chiudendone altre negli orari di morbida, così da contenere per quanto possibile i costi; considerando che con questi nuovi orari il costo per i dipendenti è maggiore. La nuova configurazione proposta prevede gli orari di apertura delle casse così definiti, ricordando che le casse automatiche sono sempre funzionanti durante tutto l'arco giornaliero:

Orario	n° casse “normali” aperte
08:00 / 11:00	4
11:00 / 14:00	6
14:00 / 16:00	2
16:00 / 18:00	8
18:00 / 20:00	10
20:00 / 21:00	8

Segue una tabella riassuntiva dei valori misurati con altrettante dieci simulazioni.

# \ I	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	M	m	%r
1	2,5	2,6	4,6	3,8	3,5	6,1	3	3,4	2,9	7,7	8,9	3,5	2,6	15,6	4,2	1,1
2	2,6	2,7	3,9	6,4	3,5	3,2	2,9	3	3,3	7,1	6,5	3	2,9	15,8	3,9	4,6
3	2,6	2,7	3,3	4,5	6,1	3	2,8	2,8	3	3	4,3	3,4	2,7	17,9	3,4	1,6
4	2,4	2,7	3,9	3,9	3,8	3,4	3	3,4	4,3	8	7,1	3,3	2,5	22,5	4	9,1
5	2,4	3	4,5	5,7	5,7	7	2,5	3,7	3,7	7,1	9,6	4,6	2,5	21,5	4,7	2
6	2,3	2,7	4,2	4	5,1	4,3	2,8	3,3	3,3	4,9	5,1	2,9	2,6	16,7	3,6	4,4
7	2,6	2,8	4,4	4,6	4,6	3,9	2,7	2,9	3,4	8,5	7,6	3,4	2,8	22,8	5,7	16,8
8	2,7	2,7	3,5	4,3	4	6,1	3	3	3	8,2	10,2	4,1	2,4	13,5	6,3	14,7
9	2,4	2,8	3	9,4	6,8	8	3,3	3,5	3,8	9,3	15,7	12,2	2,7	17,4	6,4	16
10	2,4	2,9	5,8	3,1	4,6	3,6	2,9	3,4	3,8	6,7	9	5,3	2,5	17,1	4,3	1
A	2,5	2,76	4,11	5	4,8	4,86	2,9	3,2	3,45	7,05	8,4	4,57	2,6	18,07	4,65	7,1

Legenda:

I, intervallo di tempo;
 #, numero di esperimento;
 M, massimo (MAX), il tempo massimo registrato;
 m, minimo (min), il tempo minimo registrato;
 %r, percentuale di insoddisfazione;
 A, media misurata dell'esperimento (average).

Attraverso questa nuova organizzazione degli orari di servizio, è diminuito il tempo medio di attesa alle casse, e di conseguenza anche la percentuale di clienti insoddisfatti.

4.3.

Variazione nel tasso di arrivo

Sempre previa osservazione dei tempi di attesa alle casse con i tassi standard, si nota una concentrazione dell'utenza maggiore in alcune fasce orarie. Per cercare di bilanciare i tempi d'attesa, è altresì auspicabile provare a spostare l'utenza dagli orari più affollati a quelli meno gettonati. Pertanto, l'introduzione (questo può essere un modo) di un particolare sconto su alcuni prodotti, può far sì che ciò accada. La nuova configurazione proposta prevede i tassi di arrivo così configurati:

Sabato*

I	λ
08:00 / 09:00	2,4
09:00 / 10:00	4,1
10:00 / 11:00	5,2
11:00 / 12:00	5,76
12:00 / 13:00	5,7
13:00 / 14:00	4,16
14:00 / 15:00	3,66
15:00 / 16:00	5
16:00 / 17:00	6
17:00 / 18:00	7
18:00 / 19:00	7
19:00 / 20:00	6
20:00 / 21:00	3,3

Segue la tabella riassuntiva dei valori misurati con la simulazione così impostata:

# \ I	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	M	m	%r
1	2,4	2,7	3,2	4,2	4,7	2,8	3,1	3,6	3,5	4,2	3,4	3,5	2,8	11,8	3,5	0,2
2	2,5	2,7	3,7	5,6	4,4	3,1	3	3,3	3,8	4,3	4,9	3,4	2,4	13,5	3,9	0,4
3	2,4	3	3,3	3,8	4,3	3,4	3	3,9	3,3	4,2	6,1	3,6	2,7	13,5	3,9	0,8
4	2,3	3,1	3,5	4,5	11,5	13,6	4,2	4,2	3,1	4,8	3,7	3,4	2,6	22,5	5,2	13
5	2,4	2,9	4	4,1	3,7	3,2	2,8	5,7	4,1	4,9	4,6	4,3	2,7	12,5	3,9	1,1
6	2,8	2,5	3,3	5,9	10	9	3,4	3,9	2,8	4,1	3,7	4,3	2,5	16,7	4,7	8,4
7	2,5	3,1	3,1	4,8	14,5	15,4	6,8	4,3	3,9	5,1	6,8	5,8	2,6	g	6,4	14,5
8	3,2	3,2	3,3	4,9	6,4	4,7	2,7	4,8	3,5	5,3	4,8	3,8	2,6	14,5	4,3	2
9	2,2	3	3,1	5,2	6,1	4,4	2,8	6,1	4,4	4,2	3,8	3,1	2,8	15	4,2	2,9
10	2,3	2,6	4	4,3	7,7	5,7	3,4	3,3	3,3	5,5	6,6	4,6	2,9	20,3	4,7	4,7
A	2,5	2,88	3,45	4,7	7,33	6,53	3,52	4,3	3,57	4,66	4,84	4	2,66	15,55	4,4	4,8

Legenda:

I, intervallo di tempo;
 #, numero di esperimento;
 M, massimo (MAX), il tempo massimo registrato;
 m, minimo (min), il tempo minimo registrato;
 %r, percentuale di insoddisfazione;
 A, media misurata dell'esperimento (average);
 g, guasto.

Anche agendo in questo modo il tempo medio speso in cosa è diminuito. Si osserva che uno dei massimi registrati è un guasto “g” e si noti che nella stessa simulazione (evidenziata in verde) i tempi sono maggiori in ogni fascia oraria.