

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INFORMATICA

PROGETTO MODELLAZIONE E METODI A SUPPORTO DELLE DECISIONI

Ottimizzazione Calendario Esami

Alberto Campini
M:885128

Alessandro Cavaglia
M:882567

Anno Accademico 2021/2022

Indice

1	Introduzione	3
2	Descrizione Modello	4
2.1	Parametri	4
2.2	Variabili Decisionali	7
2.3	Funzione Obiettivo	8
2.4	Vincoli	9
2.5	Esempi	12
3	Variazioni Modello	15
3.1	Variazione 1 del modello	16
3.1.1	Parametri	16
3.1.2	Variabili Decisionali	16
3.1.3	Funzione Obiettivo	16
3.1.4	Vincoli	17
3.1.5	Statistiche	17
3.1.6	Esempio di output	19
3.2	Variazione 2 del modello	24
3.2.1	Parametri	24
3.2.2	Variabili Decisionali	24
3.2.3	Funzione Obiettivo	24
3.2.4	Vincoli	25
3.2.5	Statistiche	25
3.2.6	Esempio di output	27
3.3	Variazione 3 del modello	32
3.3.1	Parametri	32
3.3.2	Variabili Decisionali	32
3.3.3	Funzione Obiettivo	32
3.3.4	Vincoli	33
3.3.5	Statistiche	34
3.3.6	Esempio di output	36
3.4	Variazione 4 del modello	41
3.4.1	Parametri	41
3.4.2	Variabili Decisionali	41
3.4.3	Funzione Obiettivo	41
3.4.4	Vincoli	42
3.4.5	Statistiche	43

3.4.6	Esempio di output	45
3.5	Variazione 5 del modello	50
3.5.1	Parametri	50
3.5.2	Variabili Decisionali	50
3.5.3	Funzione Obiettivo	50
3.5.4	Vincoli	51
3.5.5	Statistiche	51
3.5.6	Esempio di output	53
4	Interfaccia Grafica	58

1 Introduzione

Il progetto per il corso Modellazione e metodi a supporto delle decisioni consiste nel realizzare un modello capace di schedulare gli esami della laurea triennale di Informatica tenendo in considerazione le risorse da allocare per ogni singolo appello (aule, laboratori) e per quanto tempo, gli eventuali vincoli di distanza tra i diversi appelli, e le preferenze di giorni da parte dei professori ed eventuali giorni di indisponibilità. Sviluppo anche di una GUI minimale. Metodologia: ottimizzazione: strumenti: python e la libreria pyomo per l'ottimizzazione. Stato dati: disponibili.

2 Descrizione Modello

2.1 Parametri

Modello che organizza una sessione per volta, segue una descrizione dei parametri che intendiamo usare per la costruzione con la loro descrizione di utilizzo. Lo strumento prenderebbe in input:

- **Numero di giorni:** $G \rightarrow$ Numero di giorni di durata della sessione (*Es: sessione di settembre \rightarrow dal 1 settembre al 24 = 24 giorni*)
- **Numero esami:** $E \rightarrow$ Numero di esami da dare in questo specifico semestre di tutti e tre gli anni
- **Numero laboratori disponibili:** $L \rightarrow$ Numero di laboratori disponibili (Ogni laboratorio ha LT turni giornalieri)
- **Numero turni laboratori:** $LT \rightarrow$ Il numero di turni per ogni laboratorio
- **Numero aule disponibili:** $A \rightarrow$ Numero di aule disponibili per esami (Ogni aula ha AT turni giornalieri)
- **Numero turni aule:** $AT \rightarrow$ Il numero di turni per ogni aula
- **Anni:** $Y \rightarrow$ Il numero degli anni dei vari esami [1,2,3]
- **Semestri:** $S \rightarrow$ Il numero dei semestri dei vari esami [1,2]
- **ListaAnniEsami[E][Y]:** Lista degli anni degli esami con la stessa dimensione del numero esami, e del numero di anni (3), ogni cella in posizione $[e][y]$ è valorizzata a 1 quando il corso e è tenuto nell'anno y
- **ListaSemestriEsami[E][S]:** Lista dei semestri con la stessa dimensione del numero esami, e del numero di semestri (2) ogni cella in posizione $[e][s]$ è valorizzata a 1 quando l'esame e è tenuto nel semestre s
- **ListaNumeroAppelliEsami[E]:** Lista di numeri interi positivi con la stessa dimensione del numero esami, ogni cella in posizione i rappresenta il numero di appelli di questa sessione del corso i -esimo
- **ListaRisorseLaboratorioEsami[E][L]:** Matrice di numeri $[0, \dots, LT]$ con la stessa dimensione del numero di esami e del numero di laboratori che per ogni esame specifica per ogni laboratorio quanti turni ha bisogno (0 turni significa che non è utilizzato)

- **MatriceRisorseAuleEsami[E][A]**: Matrice di numeri $[0, \dots, AT]$ con la stessa dimensione del numero di esami e del numero di aule che per ogni esame specifica per ogni laboratorio quanti turni ha bisogno (0 turni significa che non è utilizzato)
- **CP**: La costante di preferenza che può indicare un professore per favorire un giorno rispetto ad un altro
- **ListaPreferenzeGiornate[E][M]**: Matrice di numeri interi positivi con la stessa dimensione del numero di esami e del numero di giorni della sessione, questa matrice per ogni esame e per ogni giorni può contenere : (0 se la giornata non può essere utilizzata, 1 se la giornata è indifferente, una costante CP vuole dire che è un giorno con preferenza e il suo valore rappresenta la preferenza giornaliera)
- **ListaNumeroGiorni[E]**: Lista contenente il numero di giorni necessari per svolgere l'esame, assumiamo che sia uguale per tutti gli appelli
- **NumeroSessione**: Numero della sessione che si sta organizzando (Utile per capire come organizzare gli esami dei corsi che sono appena conclusi)
- **DistanzaMinimaAppelli**: Distanza minima tra gli appelli dello stesso esame e della stesso corso
- **CS1** = Costante di scarto dall'ottimo usata per moltiplicare il dummy del primo anno e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale
- **CS2** = Costante di scarto dall'ottimo usata per moltiplicare il dummy del secondo anno e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale
- **CP1** = Costante di preferenza usata per soppesare le preferenze sugli assegnamenti del primo anno
- **CP2** = Costante di preferenza usata per soppesare le preferenze sugli assegnamenti del secondo anno
- **CP3** = Costante di preferenza usata per soppesare le preferenze sugli assegnamenti del terzo anno

N.B. Volendo favorire il primo anno, successivamente il secondo e poi il terzo dovremo valorizzare le costanti di preferenza come segue:

$$CP1 > CP2 > CP3$$

Questi parametri non sono interamente presi direttamente dall'input utente, ma hanno un po' di preprocessing applicativo, *ES:Il numero di giorni della sessione è computato a partire dalle date di inizio e fine sessione fornite.*

I sabati e le domeniche vengono inserite automaticamente nella matrice delle preferenze come giorni indisponibili.

2.2 Variabili Decisionali

- X_{eg} : X è una variabile decisionale binaria, è caratterizzata da due indici:
 - l'indice e identifica l'esame
 - l'indice g identifica il giorno

La variabile assume il valore 1 se l'esame e è assegnato al giorno g , 0 altrimenti

- **dummy_primo_anno**: Questa variabile è uno scarto dall'ottimo rispetto al vincolo 10 *"Provo a non assegnare due esami del primo anno lo stesso giorno"* enunciato alla sezione 2.4. Nella funzione obiettivo `dummy_primo_anno` penalizza il risultato venendo moltiplicata per la costante CS1 relativa al peso del primo anno
- **dummy_secondo_anno**: Questa variabile è uno scarto dall'ottimo rispetto al vincolo 11 *"Provo a non assegnare due esami del secondo anno lo stesso giorno"* enunciato alla sezione 2.4. Nella funzione obiettivo `dummy_secondo_anno` penalizza il risultato venendo moltiplicata per la costante CS2 relativa al peso del secondo anno

2.3 Funzione Obiettivo

$$\begin{aligned}
 maxz = & \sum_{e=0}^{esamiPrimoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP1}) + \\
 & \sum_{e=0}^{esamiSecondoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP2}) + \\
 & \sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP3}) - \\
 & (\text{dummy_primo_anno } CS1 + \text{dummy_secondo_anno } CS2)
 \end{aligned}$$

Note:

$$esamiPrimoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiSecondoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

2.4 Vincoli

Per rendere l'output del modello conforme con le aspettative abbiamo posto una serie di vincoli:

- variabile **dummy_primo_anno** ≥ 0
- variabile **dummy_secondo_anno** ≥ 0
- Assegniamo esattamente il numero di giorni richiesto da un esame, quindi la somma di tutti i giorni per quell'esame è il numero di appelli moltiplicato per il numero di durata di ognuno

$$\sum_{g=0}^G (X_{eg}) = (numAppelli_e \ numGiorniDurata_e) \quad \forall e \in E \quad (1)$$

- Assegniamo il primo appello nella prima metà della sessione mentre il secondo nel successivo periodo, controllando che si rispetti un vincolo il secondo è implicito, perché sappiamo che verranno assegnati esattamente il numero di giorni corretto da vincolo 1

$$\sum_{g=0}^{\frac{G}{2}} (X_{eg}) = numGiorniDurata_e \quad \forall e \in E \quad (2)$$

- Per ogni esame la distanza minima tra i due appelli deve essere almeno **MIN_DISTANCE_APPELLI**
 - Per ogni esame se siamo nell'ultimo giorno di assegnamento, nei successivi **MIN_DISTANCE_APPELLI** giorni non ci devono essere assegnamenti dello stesso esame, esempio a sezione 2.5

$$(1 - X_{eg} + (X_{eg+1}))M \geq \sum_{k=g-1}^{g+MinDistance} (X_{ek}) \quad \forall e \in E, \forall g \in G \quad (3)$$

- Per ogni esame se siamo nell'ultimo giorno di assegnamento, nei precedenti **MIN_DISTANCE_APPELLI** giorno abbiamo un numero di assegnamenti pari a **NUM_GIORNI_DURATA**, esempio a sezione 2.5

$$(X_{eg} (1 - X_{eg+1}) \ numGiorniDurata_e + (X_{eg+1} \ M) + (1 - X_{eg} \ M) \geq$$

$$\sum_{k=g-\text{MinDistance}}^g (X_{ek}) \quad \forall e \in E, \forall g \in G$$

Ci siamo resi conto che questo vincolo non era lineare lo abbiamo quindi trasformato nel seguente:

$$(X_{eg} \text{ numGiorniDurata}_e) - (1 - X_{eg+1}) \text{ numGiorniDurata}_e + (X_{eg+1} M) + (1 - X_{eg} M) \geq \sum_{k=g-\text{MinDistance}}^g (X_{ek}) \quad \forall e \in E, \forall g \in G \quad (4)$$

- Per ogni appello di un esame devono essere assegnamenti i giorni contigui necessari.

$$(1 - X_{eg-1})X_{eg} \text{ numGiorniDurata}_e \leq \sum_{j=g}^{g+\text{numGiorniDurata}_e} X_{ej} \quad \forall e \in E, \forall g \in G$$

Ci siamo resi conto che questo vincolo non era lineare lo abbiamo quindi trasformato nel seguente:

$$(X_{eg} \text{ numGiorniDurata}_e) - (X_{eg-1} \text{ numGiorniDurata}_e) \leq \sum_{j=g}^{g+\text{numGiorniDurata}_e} X_{ej} \quad \forall e \in E, \forall g \in G \quad (5)$$

- Per ogni giorno gli esami assegnati non superano le disponibilità dei laboratori.

$$\sum_{e=0}^E (x_{eg} \text{ LaboratoriRichiesti}_{el}) \leq \text{disponibilitaLab}_{el} \quad \forall g \in G, \forall l \in L \quad (6)$$

- Per ogni giorno gli esami assegnati non superano le disponibilità delle Aule.

$$\sum_{e=0}^E (x_{eg} \text{ AuleRichiesti}_{ea}) \leq \text{disponibilitaAule}_{ea} \quad \forall g \in G, \forall a \in A \quad (7)$$

- Un esame non può essere assegnato in un giorno di indisponibilità.

$$\text{PreferenzaProfessore}_{eg} \geq X_{eg} \quad \forall e \in E, \forall g \in G \quad (8)$$

- Non assegno due esami dello stesso semestre lo stesso giorno.

$$\sum_{e=0}^{esamiSemestre_{ys}} X_{eg} \leq 1 \quad \forall y \in Y, \forall s \in S, \forall g \in G \quad (9)$$

- **soft:** Provo a non assegnare due esami del primo anno lo stesso giorno

$$\sum_{e=0}^{esamiPrimoAnno} X_{eg} \leq 1 + dummy_primo_anno \quad \forall g \in G \quad (10)$$

$$esamiPrimoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

- **soft:** Provo a non assegnare due esami del secondo anno lo stesso giorno

$$\sum_{e=0}^{esamiSecondoAnno} X_{eg} \leq 1 + dummy_secondo_anno \quad \forall g \in G \quad (11)$$

$$esamiSecondoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

2.5 Esempi

Esempio di assegnazione delle preferenze del docente La matrice è generata partendo

	Ricerca Operativa
01-06	1
02-06	1
03-06	2
04-06	0
05-06	0
06-06	1
07-06	2
08-06	2
09-06	1
10-06	0

dal seguente input:

- $\mathbf{E} = 1$, (*Esame di ricerca operativa*)
- $\mathbf{G} = 10$, (*i primi 10 giorni di giugno*)
- $\mathbf{CP} = 2$
- **ListaPreferenzeGiornate[E][G]**

Dalla matrice è possibile notare che il docente ha inserito per il giorno 03-06 la preferenza. Notiamo inoltre che il giorno 10-06 il docente ha inserito 0 indicando un giorno di indisponibilità.

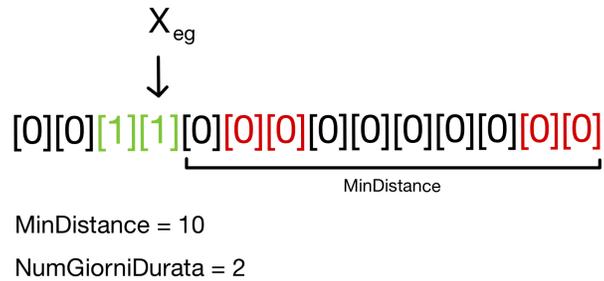


Figure 1: Esempio del vincolo 3, Per ogni esame dato un giorno di assegnamento nei successivi MIN_DISTANCE_APPELLI giorni non ci devono essere assegnamenti dello stesso esame

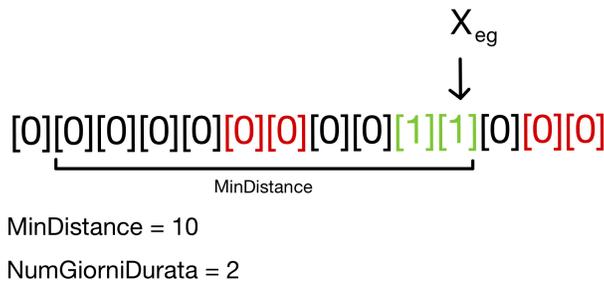


Figure 2: Esempio del vincolo 4, Per ogni esame dato un giorno di assegnamento nei successivi MIN_DISTANCE_APPELLI ci devono essere esattamente numGiorniDurata giorni assegnanti

Input

Turni Disponibili = 3

Numero di giorni = dal 01/06 al 08/06

Laboratori = {"Laboratorio Dijkstra", "Laboratorio Turing"}

Programmazione I = {"Laboratorio Dijkstra", 2}

Ricerca Operativa = {"Laboratorio Dijkstra", 3}

↓ **Modello**

Numero Turni Laboratori = 3

Lista Risorse Laboratori Esami =

	Laboratorio Dijkstra	Laboratorio Turing
Ricerca Operativa	2	0
Programmazione I	3	0

Il vincolo non permette l'assegnamento per tutti e due gli esami lo stesso giorno questo perché la somma dei turni di laboratorio richiesto per "Laboratorio Dijkstra" è 5 e non rispetta il vincolo dato che la massima disponibilità in una giornata è 3

Figure 3: Esempio del vincolo 6, Per ogni giorno gli esami assegnati non superano le disponibilità dei laboratori.

3 Variazioni Modello

Dopo aver analizzato il dato prodotto dal modello sopra descritto abbiamo individuato alcune carenze soprattutto dal punto di vista della dispersione degli esami sul terzo anno. Questo fenomeno è dovuto dal fatto che non fosse presente alcun vincolo soft che sfavorisse la sovrapposizione di esami del terzo anno.

Per ogni modello sviluppato abbiamo eseguito esperimenti su tre sessioni dell'anno accademico 2023 calcolando alcune statistiche utili ai fini della valutazione dei modelli.

Seguiranno le descrizioni di tutte le variazioni a cui abbiamo pensato, le seguenti sezioni:

- Parametri
- Variabili Decisionali
- Vincoli

Contengono le aggiunte rispetto al modello base presentato alla sezione precedente.

3.1 Variazione 1 del modello

In questa prima variante del modello originale abbiamo lavorato sullo sfavore la sovrapposizione degli esami del terzo anno anche quando le risorse richieste erano disponibili.

3.1.1 Parametri

- **CS3** = Costante di scarto dall'ottimo usata per moltiplicare il dummy del terzo anno e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale

3.1.2 Variabili Decisionali

- **dummy_terzo_anno**: Questa variabile è uno scarto dall'ottimo rispetto al vincolo 12 "Provo a non assegnare due esami del terzo anno lo stesso giorno" enunciato alla sezione 3.1.4. Nella funzione obiettivo dummy_terzo_anno penalizza il risultato venendo moltiplicata per la costante CS3 relativa al peso del primo anno.

3.1.3 Funzione Obiettivo

$$\begin{aligned} \max z = & \sum_{e=0}^{esamiPrimoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP1}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiSecondoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP2}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP3}) - \end{aligned}$$

(*dummy_primo_anno CS1 + dummy_secondo_anno CS2 + dummy_terzo_anno CS3*)

Note:

$$esamiPrimoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiSecondoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

3.1.4 Vincoli

$$\sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} X_{eg} \leq 1 + dummy_terzo_anno \quad \forall g \in G \quad (12)$$
$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

3.1.5 Statistiche

Sessione invernale			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	7,52	1	18
Primo Anno Primo Semestre	6,6	1	16
Primo Anno Secondo Semestre	9,33	2	18
Secondo Anno	7,73	1	18
Secondo Anno Primo Semestre	4	1	8
Secondo Anno Secondo Semestre	5,5	1	13
Terzo Anno	7	0	17
Terzo Anno Primo Semestre	6,49	0	17
Terzo Anno Secondo Semestre	11	1	17

Sessione Estiva			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	10,27	1	25
Primo Anno Primo Semestre	10,1	1	22
Primo Anno Secondo Semestre	11	3	22
Secondo Anno	9,27	1	24
Secondo Anno Primo Semestre	9	1	21
Secondo Anno Secondo Semestre	10,1	1	24
Terzo Anno	9,42	1	25
Terzo Anno Primo Semestre	8,54	1	23
Terzo Anno Secondo Semestre	14,33	3	25

Sessione di Settembre			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	7,54	1	17
Primo Anno Primo Semestre	6,2	1	12
Primo Anno Secondo Semestre	11	1	17
Secondo Anno	9,39	1	20
Secondo Anno Primo Semestre	4,67	1	7
Secondo Anno Secondo Semestre	10	1	18
Terzo Anno	7,43	0	20
Terzo Anno Primo Semestre	7	0	20
Terzo Anno Secondo Semestre	2,67	1	4

3.1.6 Esempio di output

Calendario Generale Gennaio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16 ARCH. ELAB EGI	17 PRIVACY LOG	18 LPP SVIL. APP. SOFT.	19 ANALISI BASI DATI METODI FORMALI INF.	20 ANALISI FISICA	21	22
23 RETI ELAB.	24 CMRO T.WEB(IUM) IUM	25 LOG ALG. STRUT. DATI	26 ING 1 CALC. E COMPL.	27	28	29
30 SIS. OPERATIVI T.WEB PROG III	31 PROG I SIS. INF. RETI					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Febbraio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
		1 MATE DISC	2 PROG II ELEM. PROB. EGIN SIS. INT.	3 PROG II LFT SICUREZZA STORIA INF.	4	5
6 ING 1	7 FISICA LPP SVIL. APP SOFT.	8 EGI	9 CMRO CALC. E COMPL.	10 METODI FORMALI INF. LOG	11	12
13 PROG II T.WEB(IUM)	14 PROG II SIS. OPERATIVI T.WEB	15 BASI DATI IUM	16 ARCH. ELAB PRIVACY EGIN	17 MATE DISC RETI ELAB.	18	19
20 ALG STRUT. DATI PROG III	21 PROG I LFT SICUREZZA STORIA INF.	22 LOG ELEM. PROB. SIS. INF. RETI	23 ANALISI	24 ANALISI SIS. INT.	25	26
27	28					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Giugno 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
			1	2	3	4
5	6	7	8 MATE DISC EGI SIS. INT.	9 ARCH. ELAB PRIVACY CALC. E COMPL.	10	11
12 FISICA SVIL. APP SOFT.	13 SIS. INF.	14 CMRO BASI DATI T.WEB	15 PROG II LFT RETI ELAB.	16 PROG II SIS. OPERATIVI	17	18
19 ANALISI PROG III	20 ANALISI LOG	21 ELEM. PROB. LPP	22 ING 1 ALG STRUT. DATI T.WEB(IUM)	23 METODI FORMALI INF.	24	25
26 SICUREZZA	27 EGIN	28 RETI	29 LOG STORIA INF.	30 PROG I IUM		

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Luglio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
					1	2
3 CMRO ALG STRUT. DATI SVIL. APP SOFT.	4 ELEM. PROB. CALC. E COMPL.	5 RETI ELAB.	6 ARCH. ELAB BASI DATI T.WEB	7 SIS. INF.	8	9
10	11 PRIVACY PROG III	12 RETI	13	14 PROG I LOG	15	16
17 LPP	18 LOG EGIN	19 IUM	20 ING 1	21 MATE DISC STORIA INF.	22	23
24 PROG II LFT	25 PROG II SIS. OPERATIVI SICUREZZA	26 FISICA T.WEB(IUM)	27 ANALISI EGI METODI FORMALI INF.	28 ANALISI SIS. INT.	29	30
31						

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
				1 FISICA STORIA INF.	2	3
4 ARCH. ELAB PRIVACY SICUREZZA	5 ANALISI SVIL. APP SOFT.	6 ANALISI EGI METODI FORMALI INF.	7 CMRO PROG III	8 PROG I SIS. INT.	9	10
11 RETI	12 LOG LPP	13 IUM	14 SIS. OPERATIVI T.WEB(IUM)	15 MATE DISC EGIN	16	17
18 BASI DATI CALC. E COMPL. LOG	19 ING 1 ALG STRUT. DATI T.WEB	20 PROG II ELEM. PROB. RETI ELAB.	21 PROG II LFT SIS. INF.	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

3.2 Variazione 2 del modello

In questa variante del modello abbiamo lavorato sull'ottimizzare la distanza, quindi massimizzandola tra gli esami del primo e del secondo anno utilizzando un unico dummy

3.2.1 Parametri

- **CP** = Costante usata per moltiplicare il dummy e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale

3.2.2 Variabili Decisionali

- **dummy**: Questa variabile indica la distanza minima tra due esami del primo e del secondo anno rispetto ai vincoli 13 "Cerco di mettere gli appelli del primo più distanti possibili" e 14 "Cerco di mettere gli appelli del secondo anno più distanti possibili" enunciati alla sezione 3.2.4.

3.2.3 Funzione Obiettivo

$$\begin{aligned} \max z = & \sum_{e=0}^{esamiPrimoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP1}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiSecondoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP2}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP3}) + \\ & (\text{dummy CP}) \end{aligned}$$

Note:

$$esamiPrimoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiSecondoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

3.2.4 Vincoli

- Cerco di mettere gli appelli del primo più distanti possibili

$$(X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy$$
$$\forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \forall e1 \in esamiPrimoAnno, \forall e2 \in esamiPrimoAnno$$

(13)

- Cerco di mettere gli appelli del secondo anno più distanti possibili

$$(X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy$$
$$\forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \forall e1 \in esamiSecondoAnno, \forall e2 \in esamiSecondoAnno$$

(14)

3.2.5 Statistiche

Sessione Invernale			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	7,7	2	18
Primo Anno Primo Semestre	7,1	2	16
Primo Anno Secondo Semestre	6	3	10
Secondo Anno	7,39	2	18
Secondo Anno Primo Semestre	10	4	16
Secondo Anno Secondo Semestre	6,9	2	16
Terzo Anno	5,92	0	18
Terzo Anno Primo Semestre	6,42	0	18
Terzo Anno Secondo Semestre	2	1	3

Sessione Estiva			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	9,62	2	25
Primo Anno Primo Semestre	7,5	2	16
Primo Anno Secondo Semestre	11,33	3	25
Secondo Anno	9,3	2	22
Secondo Anno Primo Semestre	13,67	2	22
Secondo Anno Secondo Semestre	7,4	2	17
Terzo Anno	8,28	0	23
Terzo Anno Primo Semestre	8,44	0	23
Terzo Anno Secondo Semestre	9,67	1	22

Sessione di Settembre			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	9,62	2	25
Primo Anno Primo Semestre	7,5	2	16
Primo Anno Secondo Semestre	11,33	3	25
Secondo Anno	9,3	2	22
Secondo Anno Primo Semestre	13,67	2	22
Secondo Anno Secondo Semestre	7,4	2	17
Terzo Anno	8,28	0	23
Terzo Anno Primo Semestre	8,44	0	23
Terzo Anno Secondo Semestre	9,67	1	22

3.2.6 Esempio di output

Calendario Generale Gennaio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16 LOG ELEM. PROB. T.WEB(IUM) SIS. INF. T.WEB LPP RETI	17 IUM SICUREZZA LOG RETI ELAB.	18 ING 1 BASI DATI EGIN	19 METODI FORMALI INF. SVIL. APP. SOFT.	20 MATE DISC LFT	21	22
23 PROG II ALG STRUT. DATI	24 PROG II	25 FISICA	26 ANALISI	27 ANALISI PRIVACY	28	29
30 PROG I SIS. OPERATIVI PROG III	31					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Febbraio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
		1 CMRO EGI	2	3 ARCH. ELAB CALC. E COMPL. STORIA INF.	4	5
6 PROG II ELEM. PROB. T.WEB	7 PROG II	8 BASI DATI	9 ANALISI	10 ANALISI	11	12
13 MATE DISC SIS. OPERATIVI SICUREZZA	14 LPP CALC. E COMPL. SIS. INT. LOG STORIA INF.	15 ARCH. ELAB EGI	16 SVIL. APP SOFT.	17 CMRO ALG STRUT. DATI	18	19
20 LOG FISICA	21 EGIN IUM RETI	22 ING 1 LFT	23 T.WEB(IUM) PROG III METODI FORMALI INF. RETI ELAB.	24 PROG I PRIVACY SIS. INF.	25	26
27	28					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Giugno 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
			1	2	3	4
5	6	7	8 CMRO ELEM. PROB. T.WEB(IUM) SIS. INF. T.WEB LPP CALC. E COMPL.	9 SIS. INT.	10	11
12 EGI	13 LOG	14 PRIVACY PROG III	15 SVIL. APP SOFT.	16 ING 1 METODI FORMALI INF.	17	18
19 PROG I ALG STRUT. DATI	20 EGIN	21 ARCH. ELAB BASI DATI	22	23 MATE DISC FISICA	24	25
26 ANALISI	27 ANALISI	28 LFT	29 PROG II IUM RETI ELAB.	30 PROG II SIS. OPERATIVI		

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Luglio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
					1	2
3 ARCH. ELAB PRIVACY T.WEB(IUM) T.WEB LPP CALC. E COMPL. RETI	4	5 ING 1 ELEM. PROB.	6 PROG III	7 CMRO BASI DATI METODI FORMALI INF.	8	9
10 PROG I SIS. INF. SICUREZZA	11 LFT	12	13	14 MATE DISC ALG STRUT. DATI	15	16
17 ANALISI	18 ANALISI EGI	19	20 FISICA IUM	21 LOG	22	23
24 SIS. OPERATIVI RETI ELAB.	25 SVIL. APP SOFT.	26 EGIN	27 PROG II	28 PROG II	29	30
31						

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
				1 PROG I FISICA RETI ELAB.	2	3
4 PRIVACY	5 MATE DISC	6 EGI	7 PROG II	8 PROG II LFT T.WEB(IUM)	9	10
11 CMRO	12 SIS. OPERATIVI	13 LOG	14 SVIL. APP SOFT.	15 ARCH. ELAB ALG STRUT. DATI PROG III	16	17
18 ANALISI BASI DATI	19 ANALISI	20 ELEM. PROB. EGIN IUM SIS. INF. LPP METODI FORMALI INF. LOG	21 ING 1 T.WEB CALC. E COMPL. RETI SIS. INT. SICUREZZA STORIA INF.	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

3.3 Variazione 3 del modello

In questa variante del modello abbiamo lavorato sull'ottimizzare la distanza in questo caso concentrarci non più sui singoli anni ma sui semestri, quindi massimizzandola tra i vari semestri del primo e del secondo anno utilizzando un unico dummy

3.3.1 Parametri

- **CP** = Costante usata per moltiplicare il dummy e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale

3.3.2 Variabili Decisionali

- **dummy**: Questa variabile indica la distanza minima tra due esami dei semestri del primo anno e tra i semestri del secondo anno rispetto ai vincoli 15 "Cerco di mettere gli appelli del primo anno primo semestre più distanti possibili", 16 "Cerco di mettere gli appelli del primo anno secondo semestre più distanti possibili", 17 "Cerco di mettere gli appelli del secondo anno primo semestre più distanti possibili" e 18 "Cerco di mettere gli appelli del secondo anno secondo semestre più distanti possibili" enunciati alla sezione 3.3.4.

3.3.3 Funzione Obiettivo

$$\begin{aligned} \max z = & \sum_{e=0}^{esamiPrimoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP1}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiSecondoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP2}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP3}) + \\ & (\text{dummy CP}) \end{aligned}$$

Note:

$$esamiPrimoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiSecondoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

3.3.4 Vincoli

- Cerco di mettere gli appelli del primo anno primo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned} & (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\ & \quad ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \\ & \forall e1 \in esamiPrimoAnnoPrimoSem, \forall e2 \in esamiPrimoAnnoPrimoSem \end{aligned} \quad (15)$$

Note: $esamiPrimoAnnoPrimoSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1$

$$\wedge ListaSemestriEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

- Cerco di mettere gli appelli del primo anno secondo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned} & (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\ & \quad ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \end{aligned} \quad (16)$$

$\forall e1 \in esamiPrimoAnnoSecSem, \forall e2 \in esamiPrimoAnnoSecSem$

Note: $esamiPrimoAnnoSecSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1$

$$\wedge ListaSemestriEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

- Cerco di mettere gli appelli del secondo anno primo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned} & (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\ & \quad ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \end{aligned} \quad (17)$$

$\forall e1 \in esamiSecAnnoPrimoSem, \forall e2 \in esamiSecAnnoPrimoSem$

Note: $esamiSecAnnoPrimoSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1$

$$\wedge ListaSemestriEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

- Cerco di mettere gli appelli del secondo anno secondo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned} & (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\ & \quad ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \end{aligned} \quad (18)$$

$\forall e1 \in esamiSecAnnoSecSem, \forall e2 \in esamiSecAnnoSecSem$

Note: $esamiSecAnnoSecSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1$
 $\wedge ListaSemestriEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$

3.3.5 Statistiche

Sessione Invernale			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	7,77	0	18
Primo Anno Primo Semestre	8,6	3	18
Primo Anno Secondo Semestre	7,67	3	16
Secondo Anno	6,93	0	17
Secondo Anno Primo Semestre	8	3	14
Secondo Anno Secondo Semestre	7,7	3	16
Terzo Anno	7,52	0	18
Terzo Anno Primo Semestre	7,03	0	18
Terzo Anno Secondo Semestre	11	0	17

Sessione Invernale			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	7,77	0	18
Primo Anno Primo Semestre	8,6	3	18
Primo Anno Secondo Semestre	7,67	3	16
Secondo Anno	6,93	0	17
Secondo Anno Primo Semestre	8	3	14
Secondo Anno Secondo Semestre	7,7	3	16
Terzo Anno	7,52	0	18
Terzo Anno Primo Semestre	7,03	0	18
Terzo Anno Secondo Semestre	11	0	17

Sessione di Settembre			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	8,21	0	18
Primo Anno Primo Semestre	9,2	4	18
Primo Anno Secondo Semestre	9	4	14
Secondo Anno	9,86	0	20
Secondo Anno Primo Semestre	13,33	4	20
Secondo Anno Secondo Semestre	10	4	20
Terzo Anno	3,65	0	13
Terzo Anno Primo Semestre	4,1	0	13
Terzo Anno Secondo Semestre	2	1	3

3.3.6 Esempio di output

Calendario Generale Gennaio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16 ANALISI SIS. INT. LOG	17 ANALISI SVIL. APP SOFT.	18 PROG I BASI DATI T.WEB RETI ELAB.	19 METODI FORMALI INF.	20 ARCH. ELAB LFT	21	22
23 EGIN	24 CMRO PRIVACY	25	26	27 ING 1 EGI	28	29
30 ELEM. PROB. PROG III	31 MATE DISC ALG STRUT. DATI CALC. E COMPL.					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Febbraio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
		1 PROG II T.WEB(IUM) SICUREZZA	2 PROG II	3 LOG SIS. OPERATIVI FISICA IUM SIS. INF. LPP RETI	4	5
6 PROG I SVIL. APP SOFT.	7 BASI DATI EGIN	8	9	10 CMRO	11	12
13 PROG II	14 LOG PROG II SIS. OPERATIVI FISICA T.WEB CALC. E COMPL.	15 PROG III	16 T.WEB(IUM)	17 ARCH. ELAB ELEM. PROB. PRIVACY	18	19
20 ANALISI EGI	21 MATE DISC ANALISI	22 IUM	23 ALG STRUT. DATI SIS. INF. RETI METODI FORMALI INF. SIS. INT. SICUREZZA STORIA INF.	24 ING 1 LFT LPP LOG	25	26
27	28					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Giugno 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
			1	2	3	4
5	6	7	8 PROG I PROG II SIS. INF. LPP SVIL. APP SOFT.	9 PROG II ELEM. PROB. EGI T.WEB LOG	10	11
12 CMRO EGIN CALC. E COMPL. RETI STORIA INF.	13 ARCH. ELAB METODI FORMALI INF.	14 PROG III RETI ELAB.	15 FISICA SICUREZZA	16 LOG	17	18
19 ALG STRUT. DATI	20 SIS. INT.	21	22 ING 1 LFT	23 PRIVACY	24	25
26 ANALISI	27 ANALISI BASI DATI	28 MATE DISC SIS. OPERATIVI	29 IUM	30 T.WEB(IUM)		

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Luglio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
					1	2
3 LOG PROG II T.WEB LPP RETI	4 PROG II	5	6	7 CMRO ELEM. PROB. PRIVACY SICUREZZA RETI ELAB.	8	9
10 SIS. INF.	11 ANALISI EGI SIS. INT.	12 ANALISI T.WEB(IUM) METODI FORMALI INF.	13 SVIL. APP SOFT.	14 PROG I	15	16
17 SIS. OPERATIVI FISICA	18	19	20	21 ING I ALG STRUT. DATI LOG	22	23
24 EGIN	25 BASI DATI	26 ARCH. ELAB CALC. E COMPL. STORIA INF.	27 MATE DISC PROG III	28 LFT IUM	29	30
31						

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
				1 PROG I ARCH. ELAB LFT BASI DATI	2	3
4	5 LOG PROG II ELEM. PROB. FISICA	6 PROG II	7	8 IUM	9	10
11 CMRO ALG STRUT. DATI	12 PROG III	13	14 ANALISI EGIN	15 MATE DISC ANALISI PRIVACY	16	17
18 SVIL. APP SOFT.	19 ING 1 T.WEB(IUM)	20 SIS. INF. LPP METODI FORMALI INF. SICUREZZA	21 SIS. OPERATIVI EGI T.WEB CALC. E COMPL. RETI SIS. INT. LOG	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

3.4 Variazione 4 del modello

Partendo dall'idea dietro alla variazione 3 che era quella che offriva risultati migliori abbiamo provato a combinarla con l'idea alla base del modello 1 quindi cercare di non mettere lo stesso giorno gli esami del terzo anno.

3.4.1 Parametri

- **CP** = Costante usata per moltiplicare il dummy e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale
- **CS3** = Costante di scarto dall'ottimo usata per moltiplicare il dummy del terzo anno e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale

3.4.2 Variabili Decisionali

- **dummy**: Questa variabile indica la distanza minima tra due esami dei semestri del primo anno e tra i semestri del secondo anno rispetto ai vincoli 19 "*Cerco di mettere gli appelli del primo anno primo semestre più distanti possibili*", 20 "*Cerco di mettere gli appelli del primo anno secondo semestre più distanti possibili*", 21 "*Cerco di mettere gli appelli del secondo anno primo semestre più distanti possibili*" e 22 "*Cerco di mettere gli appelli del secondo anno secondo semestre più distanti possibili*" enunciati alla sezione 3.4.4.
- **dummy_terzo_anno**: Questa variabile è uno scarto dall'ottimo rispetto al vincolo 23 "*Provo a non assegnare due esami del terzo anno lo stesso giorno*" enunciato alla sezione 3.4.4. Nella funzione obiettivo `dummy_terzo_anno` penalizza il risultato venendo moltiplicata per la costante CS3 relativa al peso del primo anno.

3.4.3 Funzione Obiettivo

$$\begin{aligned} \max z = & \sum_{e=0}^{\text{esamiPrimoAnno}} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{PreferenzeProf}_{eg} \text{CP1}) + \\ & \sum_{e=0}^{\text{esamiSecondoAnno}} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{PreferenzeProf}_{eg} \text{CP2}) + \\ & \sum_{e=0}^{\text{esamiTerzoAnno}} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{PreferenzeProf}_{eg} \text{CP3}) + \end{aligned}$$

(dummy CP) – (dummy_terzo_anno CS3)

Note:

$$esamiPrimoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiSecondoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

3.4.4 Vincoli

- Cerco di mettere gli appelli del primo anno primo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned} (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\ ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \\ \forall e1 \in esamiPrimoAnnoPrimoSem, \forall e2 \in esamiPrimoAnnoPrimoSem \end{aligned} \quad (19)$$

Note: $esamiPrimoAnnoPrimoSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1$
 $\wedge ListaSemestriEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$

- Cerco di mettere gli appelli del primo anno secondo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned} (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\ ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \\ \forall e1 \in esamiPrimoAnnoSecSem, \forall e2 \in esamiPrimoAnnoSecSem \end{aligned} \quad (20)$$

Note: $esamiPrimoAnnoSecSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1$
 $\wedge ListaSemestriEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$

- Cerco di mettere gli appelli del secondo anno primo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned} (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\ ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \\ \forall e1 \in esamiSecAnnoPrimoSem, \forall e2 \in esamiSecAnnoPrimoSem \end{aligned} \quad (21)$$

Note: $esamiSecAnnoPrimoSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1$
 $\wedge ListaSemestriEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$

- Cerco di mettere gli appelli del secondo anno secondo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned}
& (X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + \\
& ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy \quad \forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \\
& \forall e1 \in esamiSecAnnoSecSem, \forall e2 \in esamiSecAnnoSecSem
\end{aligned} \tag{22}$$

Note: $esamiSecAnnoSecSem = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1$

$$\wedge ListaSemestriEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

- Cerco di mettere gli appelli del primo anno primo semestre più distanti possibili

$$\begin{aligned}
& \sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} X_{eg} \leq 1 + dummy_terzo_anno \quad \forall g \in G \\
& esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}
\end{aligned} \tag{23}$$

3.4.5 Statistiche

Sessione Invernale			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	8,12	0	18
Primo Anno Primo Semestre	8,7	3	18
Primo Anno Secondo Semestre	10	5	17
Secondo Anno	8,41	0	18
Secondo Anno Primo Semestre	11	7	18
Secondo Anno Secondo Semestre	8,9	3	18
Terzo Anno	7,39	0	18
Terzo Anno Primo Semestre	7,09	0	18
Terzo Anno Secondo Semestre	3,33	0	9

Sessione Estiva			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	9,57	0	23
Primo Anno Primo Semestre	9,9	4	21
Primo Anno Secondo Semestre	11,33	6	22
Secondo Anno	9,18	0	22
Secondo Anno Primo Semestre	9,67	5	16
Secondo Anno Secondo Semestre	10,7	4	22
Terzo Anno	8,55	1	25
Terzo Anno Primo Semestre	8,47	1	25
Terzo Anno Secondo Semestre	10	1	21

Sessione di Settembre			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	8,61	0	20
Primo Anno Primo Semestre	10	4	20
Primo Anno Secondo Semestre	8,33	4	13
Secondo Anno	9,64	0	20
Secondo Anno Primo Semestre	13,33	5	20
Secondo Anno Secondo Semestre	9,6	4	19
Terzo Anno	6,7	0	17
Terzo Anno Primo Semestre	6,54	0	17
Terzo Anno Secondo Semestre	9,33	2	14

3.4.6 Esempio di output

Calendario Generale Gennaio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16 ARCH. ELAB ELEM. PROB. SIS. INF.	17 MATE DISC FISICA	18 RETI RETI ELAB.	19 T.WEB CALC. E COMPL.	20 ING 1 PRIVACY LOG	21	22
23 LOG T.WEB(IUM) SIS. INT.	24	25 PROG II LFT ALG STRUT. DATI STORIA INF.	26 CMRO PROG II	27 EGIN	28	29
30 EGI	31 SICUREZZA					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Febbraio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
		1 ANALISI METODI FORMALI INF. SVIL. APP SOFT.	2 ANALISI BASI DATI PROG III	3 PROG I SIS. OPERATIVI IUM LPP	4	5
6 CMRO LFT FISICA T.WEB(IUM) RETI	7 CALC. E COMPL.	8 PROG II T.WEB STORIA INF.	9 LOG PROG II ALG STRUT. DATI	10	11	12
13 ING 1 EGIN PROG III	14 SIS. OPERATIVI SIS. INF. RETI ELAB.	15 PRIVACY	16 ANALISI IUM LOG	17 ANALISI	18	19
20 PROG I BASI DATI METODI FORMALI INF.	21 ELEM. PROB. SVIL. APP SOFT.	22 ARCH. ELAB SIS. INT. SICUREZZA	23 LPP	24 MATE DISC EGI	25	26
27	28					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Giugno 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
			1	2	3	4
5	6	7	8 ANALISI PRIVACY SICUREZZA	9 ANALISI	10	11
12 LOG CALC. E COMPL.	13 RETI ELAB.	14 PROG III	15 ARCH. ELAB SIS. OPERATIVI EGI LOG	16 CMRO SIS. INF.	17	18
19 ALG STRUT. DATI T.WEB	20 PROG II RETI	21 MATE DISC PROG II EGIN	22 STORIA INF.	23 LFT FISICA SIS. INT.	24	25
26 ING 1 LPP	27 T.WEB(IUM)	28 ELEM. PROB. IUM	29 SVIL. APP SOFT.	30 PROG I BASI DATI METODI FORMALI INF.		

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Luglio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
					1	2
3 RETI ELAB.	4 PROG II	5 PROG II LOG	6 ALG STRUT. DATI	7 MATE DISC	8	9
10 LFT EGI SIS. INF.	11 T.WEB(IUM)	12 LPP	13 ING 1 IUM	14	15	16
17 SIS. OPERATIVI PRIVACY CALC. E COMPL.	18 LOG SIS. INT.	19 ANALISI SVIL. APP SOFT.	20 ANALISI EGIN	21 BASI DATI T.WEB	22	23
24 CMRO METODI FORMALI INF.	25 PROG III	26 ELEM. PROB. STORIA INF.	27 ARCH. ELAB SICUREZZA	28 PROG I FISICA RETI	29	30
31						

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
				1 LOG ARCH. ELAB ELEM. PROB. ALG STRUT. DATI	2	3
4 IUM	5 CMRO PROG II EGI	6 PROG II SIS. OPERATIVI T.WEB SVIL. APP SOFT.	7 LOG	8 RETI ELAB.	9	10
11 MATE DISC PRIVACY RETI	12 EGIN METODI FORMALI INF.	13 ANALISI	14 ANALISI PROG III	15 PROG I BASI DATI SIS. INF.	16	17
18 LPP SIS. INT.	19 T.WEB(IUM) STORIA INF.	20 FISICA SICUREZZA	21 ING 1 LFT CALC. E COMPL.	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

3.5 Variazione 5 del modello

Il modello 5 parte dall'intuizione del modello 2 (Distanza tra esami dello stesso anno) e aggiunge la penalizzazione della funzione obiettivo come il modello 1, aggiungendo quindi un dummy (dummy_terzo_anno) che rappresenta il numero di sovrapposizioni per il terzo anno.

3.5.1 Parametri

- **CP** = Costante usata per moltiplicare il dummy e ne indica il peso nella funzione obiettivo generale

3.5.2 Variabili Decisionali

- **dummy**: Questa variabile indica la distanza minima tra due esami del primo e del secondo anno rispetto ai vincoli 24 "Cerco di mettere gli appelli del primo più distanti possibili" e 25 "Cerco di mettere gli appelli del secondo anno più distanti possibili" enunciati alla sezione 3.5.4.
- **dummy_terzo_anno**: Questa variabile è uno scarto dall'ottimo rispetto al vincolo 26 "Provo a non assegnare due esami del terzo anno lo stesso giorno" enunciato alla sezione 3.5.4. Nella funzione obiettivo dummy_terzo_anno penalizza il risultato venendo moltiplicata per la costante CS3 relativa al peso del primo anno.

3.5.3 Funzione Obiettivo

$$\begin{aligned} \max z = & \sum_{e=0}^{esamiPrimoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP1}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiSecondoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP2}) + \\ & \sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} \sum_{g=0}^G (X_{eg} \text{ PreferenzeProf}_{eg} \text{ CP3}) + \\ & (\text{dummy} \text{ CP}) - (\text{dummy_terzo_anno} \text{ CS3}) \end{aligned}$$

Note:

$$esamiPrimoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][1] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiSecondoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][2] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

3.5.4 Vincoli

- Cerco di mettere gli appelli del primo più distanti possibili

$$(X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy$$

$$\forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \forall e1 \in esamiPrimoAnno, \forall e2 \in esamiPrimoAnno$$

(24)

- Cerco di mettere gli appelli del secondo anno più distanti possibili

$$(X_{e1g1}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + (X_{e2g2}) \left(\frac{|g1 - g2|}{2} \right) + ((1 - X_{e1g1}) M) + ((1 - X_{e2g2}) M) \geq dummy$$

$$\forall g1 \in G, \forall g2 \in G, \forall e1 \in esamiSecondoAnno, \forall e2 \in esamiSecondoAnno$$

(25)

- Cerco di mettere gli appelli del primo anno primo semestre più distanti possibili

$$\sum_{e=0}^{esamiTerzoAnno} X_{eg} \leq 1 + dummy_terzo_anno \quad \forall g \in G$$

(26)

$$esamiTerzoAnno = \{e \mid ListaAnniEsami[e][3] = 1 \quad \forall e \in E\}$$

3.5.5 Statistiche

Sessione Inveranle			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	7,43	2	18
Primo Anno Primo Semestre	5,6	2	11
Primo Anno Secondo Semestre	8,67	3	15
Secondo Anno	7,55	2	18
Secondo Anno Primo Semestre	4	2	7
Secondo Anno Secondo Semestre	8,8	2	18
Terzo Anno	7,28	0	18
Terzo Anno Primo Semestre	7,42	0	18
Terzo Anno Secondo Semestre	7,67	1	13

Sessione Estiva			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	9,21	2	25
Primo Anno Primo Semestre	7,1	2	17
Primo Anno Secondo Semestre	13,67	3	22
Secondo Anno	9,21	2	25
Secondo Anno Primo Semestre	8,67	4	14
Secondo Anno Secondo Semestre	9	2	25
Terzo Anno	8,86	1	24
Terzo Anno Primo Semestre	8,88	1	24
Terzo Anno Secondo Semestre	8	1	18

Sessione di Settembre			
Periodo	Distanza media	Distanza minima	Distanza massima
Primo Anno	8,29	2	20
Primo Anno Primo Semestre	8,2	3	17
Primo Anno Secondo Semestre	9,67	7	15
Secondo Anno	8,07	2	19
Secondo Anno Primo Semestre	9,33	7	14
Secondo Anno Secondo Semestre	9	2	19
Terzo Anno	7,44	0	20
Terzo Anno Primo Semestre	7,97	1	20
Terzo Anno Secondo Semestre	4,67	3	7

3.5.6 Esempio di output

Calendario Generale Gennaio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16 ANALISI EGI RETI ELAB.	17 ANALISI	18 ELEM. PROB. RETI	19 PROG II SIS. INF. METODI FORMALI INF.	20 PROG II LFT	21	22
23 LOG SIS. OPERATIVI SIS. INT.	24 T.WEB SVIL. APP SOFT.	25 MATE DISC FISICA CALC. E COMPL. STORIA INF.	26 EGIN	27 CMRO BASI DATI	28	29
30 PROG I ALG STRUT. DATI LPP LOG	31					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Febbraio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
		1 ARCH. ELAB	2 PROG III SICUREZZA	3 ING 1 PRIVACY T.WEB(IUM) IUM	4	5
6 LOG FISICA SIS. INF.	7 T.WEB	8 CMRO SIS. OPERATIVI CALC. E COMPL. RETI	9	10 PROG I ALG STRUT. DATI LPP SVIL. APP SOFT.	11	12
13 ARCH. ELAB LFT LOG	14 PROG III STORIA INF.	15 MATE DISC ELEM. PROB.	16 IUM	17 ING 1 EGI METODI FORMALI INF.	18	19
20 PROG II	21 PROG II BASIS DATI SICUREZZA	22 RETI ELAB.	23 ANALISI SIS. INT.	24 ANALISI PRIVACY EGIN T.WEB(IUM)	25	26
27	28					

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Giugno 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
			1	2	3	4
5	6	7	8 PROG II BASI DATI T.WEB(IUM)	9 PROG II SVIL. APP SOFT.	10	11
12 PROG I PRIVACY EGIN	13 LOG	14 CMRO ALG. STRUT. DATI PROG III	15 SIS. INT.	16 ING 1 SIS. OPERATIVI SIS. INF.	17	18
19 ARCH. ELAB EGI	20 RETI	21 MATE DISC FISICA METODI FORMALI INF.	22 CALC. E COMPL.	23 LOG RETI ELAB.	24	25
26 ELEM. PROB. T.WEB	27 ANALISI SICUREZZA	28 ANALISI IUM	29 STORIA INF.	30 LFT LPP		

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale Luglio 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
					1	2
3 CMRO ALG. STRUT. DATI	4 METODI FORMALI INF.	5 PROG II EGI	6 PROG II RETI ELAB.	7 ELEM. PROB. LOG	8	9
10 MATE DISC BASI DATI SIS. INF.	11	12 PRIVACY LPP	13 CALC. E COMPL.	14 ING 1 SIS. OPERATIVI RETI	15	16
17 T.WEB	18 LOG STORIA INF.	19 LFT IUM	20 PROG I SVIL. APP SOFT.	21 SICUREZZA	22	23
24 ANALISI	25 ANALISI PROG III	26 SIS. INT.	27 T.WEB(IUM)	28 ARCH. ELAB FISICA EGIN	29	30
31						

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

Calendario Generale 2023

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
				1 PROG I ALG STRUT. DATI RETI	2	3
4 LOG SIS. OPERATIVI CALC. E COMPL.	5 SIS. INF. SICUREZZA	6 ARCH. ELAB T.WEB(IUM)	7 METODI FORMALI INF.	8 MATE DISC BASI DATI SIS. INT.	9	10
11 CMRO LFT LPP	12 SVIL. APP SOFT.	13 PROG II FISICA T.WEB	14 PROG II STORIA INF.	15 PRIVACY PROG III	16	17
18 ING 1 ELEM. PROB. IUM	19 LOG	20 ANALISI EGI EGIN	21 ANALISI RETI ELAB.	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Esami 1 anno 1 semestre 2023

Esami 1 anno 2 semestre 2023

Esami 2 anno 1 semestre 2023

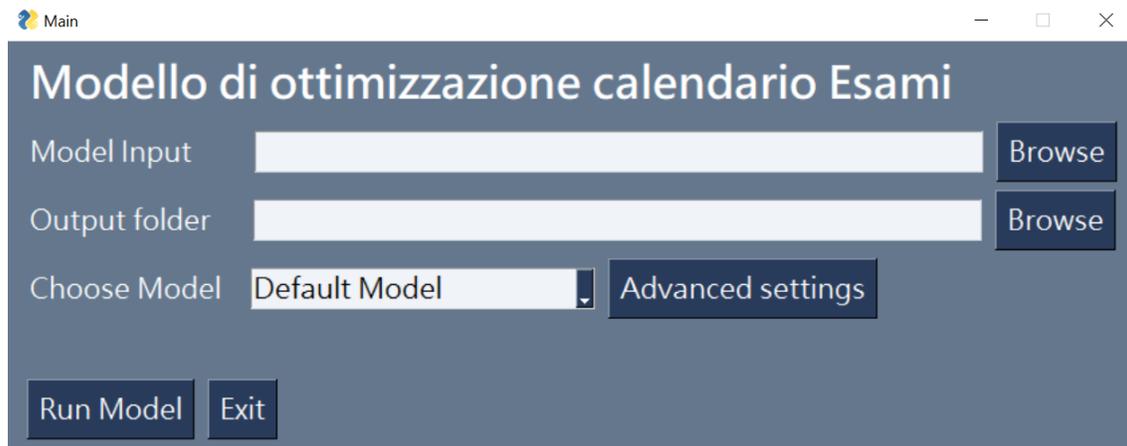
Esami 2 anno 2 semestre 2023

Esami 3 anno 1 semestre 2023

Esami 3 anno 2 semestre 2023

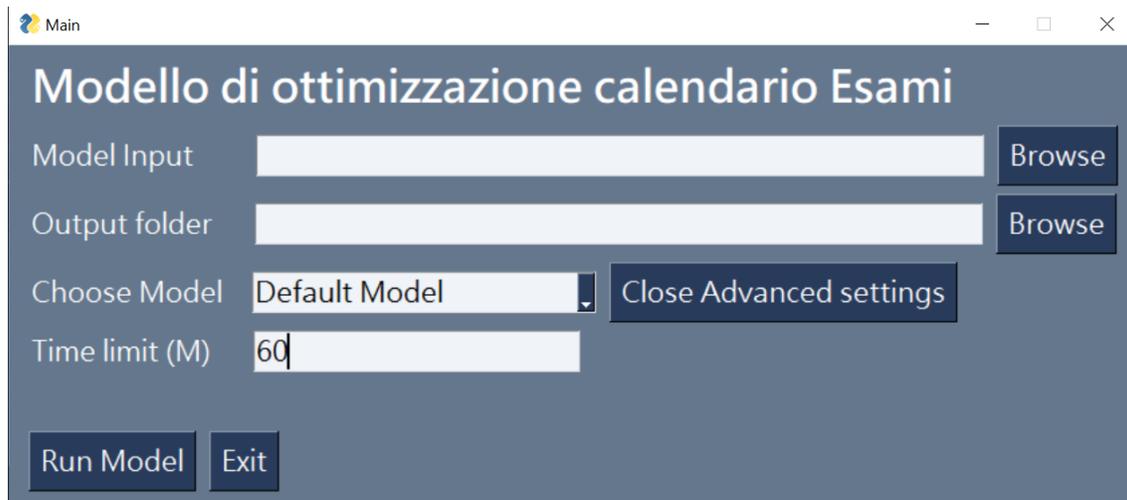
4 Interfaccia Grafica

Il modello è utilizzabile mediante un'interfaccia grafica sviluppata con la libreria Python PySimpleGUI. L'utente può inserire il path del file excel di input che alimenta il modello, e una cartella nella quale verrà salvato l'output, nello specifico per ogni esecuzione corretta verrà memorizzato un excel riepilogativo suddiviso per anni e una serie di immagini jpg che rappresentano la visualizzazione a calendario delle date degli esami prodotte dal modello.

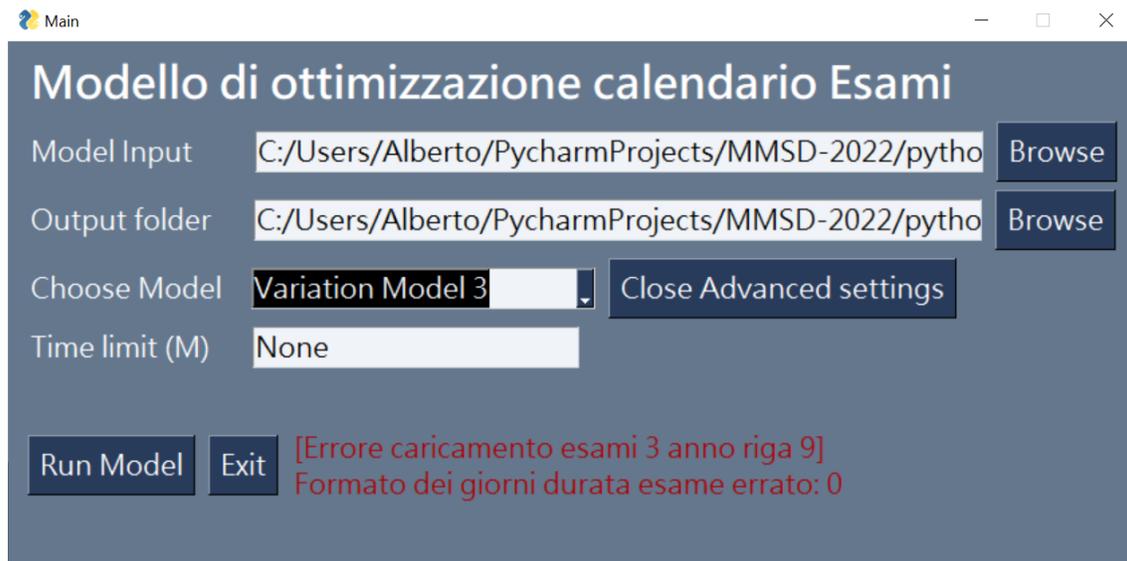


La GUI presenta una serie di bottoni che permettono all'utente di eseguire diverse operazioni. I bottoni "Browse" rendono possibile la navigazione all'interno del file system del computer per selezionare file o cartelle. Il bottone "Run Model" esegue il modello Python e in caso di input non validi segnala l'errore. La sezione "Choose Model" permette di selezionare quale modello utilizzare, sono disponibili tutte le variazioni citate in precedenza più il modello base.

Oltre questo è stata pensata una sezione di "Advanced Settings" che permette all'utente di operare sul parametro di time limit, è possibile quindi inserire quanto tempo dare al modello per trovare una soluzione. Di default il valore è a none cioè non vi è un tempo prestabilito quindi l'esecuzione termina quando il modello raggiunge una soluzione valida



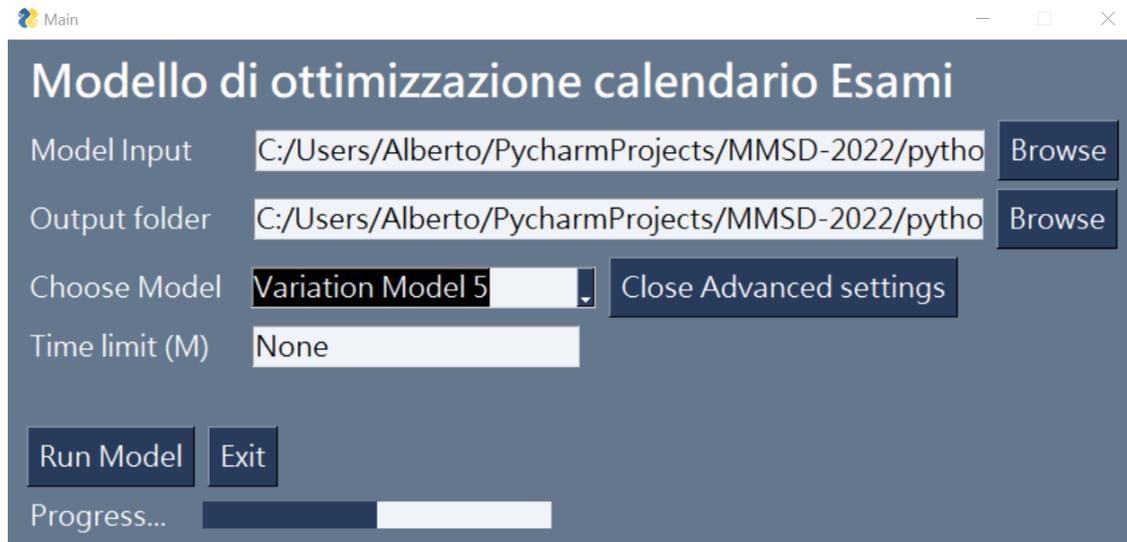
Per semplificare l'utilizzo del modello è stata inserita una gestione degli errori il più user friendly possibile così da semplificare l'attività dell'utente nel caso il file in input contenga elementi non validi per l'applicativo. Ad esempio inserendo una data non valida l'interfaccia grafica mostrerà un errore del tipo:



Avendo scritto sia lo sheet dell'excel quindi nel caso specifico gli esami del terzo anno e la riga in cui è presente l'errore per l'operatore sarà semplice andare a correggerlo e riavviare il modello.

Se invece l'input viene parsificato correttamente la Gui mostrerà una progress

bar per permettere all'operatore di avere un feedback in tempo reale sullo stato avanzamento del modello



Una volta terminato correttamente l'esecuzione si può decidere di uscire oppure proseguire con un'altra esecuzione.