Ottimizzazione della distribuzione del carico di lavoro, in funzione della capacità produttiva assegnata (Load Levelling)

Documento dei requisiti – SDG Consulting – Siplus

# Descrizione del problema

Il Cliente è una Maison che opera nel mercato del lusso, e produce capi di abbigliamento ed accessori.

Per la produzione, oltre a risorse interne, il Cliente si avvale di laboratori esterni, e in genere di produttori terzi, che mettono a disposizione la propria capacità produttiva sulla base di un certo numero di ore alla settimana.

La disponibilità in ore del terzista varia di settimana in settimana.

Per ciascuna delle merci di cui è richiesta la produzione esiste, lato Cliente, una valutazione temporale delle risorse necessarie per completare il lavoro.

Nel momento in cui una determinata lavorazione viene assegnata ad un terzista, questa sarà portata a compimento per una data che dipende dal numero di ore stimato per la produzione, e dalla capacità produttiva del terzista stesso. Per esempio, se il tempo di produzione è valutato in 100 ore, e il fornitore ha una capacità produttiva di 50 ore/settimana, allora il prodotto finito sarà consegnato in due settimane.

Ciascuna produzione assegnata in una data iniziale (espressa in settimana dell’anno), se non può essere completata immediatamente deve essere frazionata e riportata anche alle settimane successive, sulle quali però, graverà anche il peso della produzione che nel frattempo sarà stata ad esse attribuita.

Il progetto ha l’obiettivo di sviluppare un algoritmo che permetta di distribuire in maniera ottimale i carichi di lavoro da attribuire ai produttori esterni, allo scopo di fornire una previsione sulla consegna del prodotto finito, e anche di ottimizzare e uniformare i carichi di lavoro.

Di settimana in settimana, il programma deve tenere conto delle lavorazioni richieste e delle ore lavorative che il fornitore può erogare per soddisfare tali richieste.

Le produzioni che non possono essere soddisfatte nella settimana attuale, dovranno essere posticipate alle settimane successive, fino al completamento del lavoro.

# Dati di Input e Output

Il flusso di lavorazione del programma è molto semplice: Il dato di input è un dataset costituito da record che contengono le informazioni relative alle lavorazioni da effettuare, alla disponibilità del/dei produttori, e le relative tempistiche. Alcuni campi del record sono lasciati vuoti, in essi dovrà trovare posto il risultato della elaborazione. Questi campi sono:

* TCH\_WEEK campo contenente la settimana per cui viene eseguita l’allocazione (non è necessariamente la settimana corrente)
* ALLOCATED è la frazione di Capacity della settimana corrente che è stata assegnata a TCH\_WEEK
* NOT\_ALLOCATED è la frazione di TCH\_WEEK che rimane ancora da allocare (se 0, allora l’allocazione di TCH\_WEEK è completa.

Il programma prende in carico le informazioni fornite, esegue l’elaborazione richiesta, e compila i relativi campi del dataset.

Lo stesso dataset iniziale, opportunamente compilato, viene prodotto in output.

Di seguito la descrizione dei record che compongono la tabella di input (sono evidenziati in azzurro i campi che entrano in gioco nella implementazione dell’algoritmo di ottimizzazione).

|  |  |
| --- | --- |
| ID | (NUMBER) Identificativo univoco del record |
| PRODUCTION\_CATEGORY | (VARCHAR) Categoria di produzione (vedi relativa tabella) |
| IND\_SEASONAL\_STATUS | (VARCHAR) Industrial Seasonal Status |
| TCH\_WEEK | (VARCHAR) In questo campo il programma deve scrivere la settimana in cui viene servita la richiesta |
| PLANNING\_LEVEL | (VARCHAR) Categoria identificativa del tipo di produzione |
| EVENT | (VARCHAR) Evento (relativo a marketing, vendite ecc…) cui si riferisce il prodotto |
| WEEK\_PLAN | (VARCHAR) Identificativo della settimana in formato YYYYWW |
| Ahead | (NUMBER) Anticipo. Indica il range temporale, in termini di settimane, secondo il quale a partire dalla settimana attuale, è possibile shiftare le richieste pendenti in avanti verso le settimane successive (se questo valore è zero, non si possono riportare lavorazioni in avanti). |
| Late | (NUMBER) Ritardo. Indica quale sia il range temporale, in termini di settimane, secondo il quale, a partire dalla settimana attuale, sia possibile soddisfare le richieste delle settimane precedenti (se questo valore è zero, non posso soddisfare le richieste delle settimane precedenti). |
| Priority | (NUMBER) Priorità di esecuzione della richiesta (la priorità 1 è la più elevata) |
| Capacity | (FLOAT) Capacità produttiva del fornitore espresso in ore (per la settimana attuale) |
| Required | (FLOAT) Numero di ore necessarie per eseguire la produzione |
| 1 | Ignorare |
| 2 | Ignorare |
| 3 | Ignorare |
| 4 | Ignorare |
| Plan\_BU | (VARCHAR) Identificativo della produzione (vedi relativa tabella) |
| Flag\_HR | (VARCHAR) Flag High rotation. Identifica se si tratta di un prodotto ad alta rotazione, cioè la cui fornitura deve essere ripristinata frequentemente (vedi relativa tabella) |
| ALLOCATED | (FLOAT) Numero di ore allocate per la settimana corrente (frazione della produzione soddisfatta nella settimana attuale). |
| NOT\_ALLOCATED | (FLOAT) Numero di ore non allocate per la settimana corrente (da riportare alle successive settimane, in funzione di “Late”). |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | | **PRODUCTION\_CATEGORY** | | | 99 Generica | | AB – ABBIGLIAMENTO | | BO – BORSE | | CI – CINTURE | | OG – OGGETTISTICA | | PP - PICCOLA PELLETTERIA | | R1 - RTW TUTE | | R2 - RTW CAMICIE | | R3 - RTW GONNE | | R4 - RTW PANTALONI | | R5 - RTW GIACCHE | | R6 - RTW CAPPOTTI | | R7 - RTW CABAN | | R8 - RTW GIUBBOTTI | | RA - RTW TOP | | RC – BERRETTI | | RD – GUANTI | | RE – SCIARPE | | RG – DENIM | | RH – JERSEY | | RI - ABITI LUNGHI | | RJ - ABITI DA DONNA | | RK - ABITI DA UOMO | | RL – MAGLIERIA | | RM - PELLE & PELLICCE | | RZ - RTW ALTRO | | S0 – SNEAKER | | S1 – TACCO | | S2 – BALLERINA | | S3 – SLIPPER | | S4 – CASUAL | | S5 – FORMALE | | S6 – SANDAL | | S7 – BOOT | | S8 – ESPADRILLES | | SH – CALZATURE | | VA – VALIGIE | | |  | | --- | | **PLAN\_BU** | | | 58\_LG - Leather Goods | | 58\_RTW - Ready To Wear | | 58\_SH – Shoes | | 58\_RTW - Ready To Wear | | |  | | --- | | **FLAG\_HR** | | | N - Not Defined | | F - Flexy | | H - High Rotating | |

Il programma è implementato come libreria di classi scritta in c# (dll), che espone un metodo che viene richiamato dall’applicativo. Negli argomenti di tale metodo vengono passate tutte le informazioni necessarie per eseguire la elaborazione, e cioè:

1. Il dataset completo relativo al database
2. Il nome della tabella del dataset
3. L’operazione da eseguire. Per il momento esiste una sola operazione da eseguire, ma il parametro è pensato per usi futuri.

A valle della elaborazione viene restituito il dataset opportunamente compilato con i valori di output

# Le regole del gioco

Per ciascuna delle settimane contenute nella colonna WEEK\_PLAN bisogna considerare la quantità di lavoro richiesta “Required”.

Le richieste vanno ordinate per priorità “Priority” crescente (perché la priorità più elevata è quella con il valore numerico più basso).

Alla settimana corrente deve essere assegnato il carico di lavoro richiesto, in ordine di priorità.

Se il carico di lavoro richiesto per una determinata lavorazione non può essere soddisfatto dalla capacità erogata “Capacity” nella settimana in analisi, allora la frazione rimanente del lavoro assegnato, ed eventualmente i lavori non assegnati, devono essere ripartiti nelle settimane successive. La lavorazione potrà essere “prenotata” al massimo per “Late” settimane successive.

Il meccanismo secondo il quale ciascuna settimana prende in carico il lavoro assegnato, è descritto di seguito, considerando il caso più generale che esclude la prima settimana contenuta nel dataset (per la quale, ovviamente, non esistono operazioni pregresse da soddisfare).

## Descrizione del processo

La settimana corrente scandisce tutte le settimane contenenti ancora dei carichi pendenti e, se sussistono “le condizioni necessarie e sufficienti”, prova a soddisfare tali richieste. La priorità maggiore viene assegnata alle lavorazioni più vecchie, quindi la “Priority” assegnata viene comunque considerata dopo che tutti i carichi pendenti sono stati assegnati.

Il termine “condizioni necessarie e sufficienti” ha il seguente significato:

1. Ogni settimana verifica il suo valore “Late”, e considera soltanto le settimane in coda di attesa che non siano più indietro nel tempo di questo valore.
2. Fra tutte le settimane che possono essere lavorate in base a questo criterio, bisogna considerare soltanto quelle che hanno valore “Ahead” compatibile con la settimana corrente.

Se queste due condizioni sono soddisfatte, si può procedere alla lavorazione della settimana che è in coda di attesa.

Se questi due requisiti sono soddisfatti, allora si procede con l’assegnazione in funzione della “Capacity” corrente.

Potrà essere assegnata una quantità di lavoro pari alla Capacity (nel caso più fortunato), oppure una sua frazione.

Se la lavorazione non può essere completata nella settimana corrente (abbiamo assegnato tutta la “Capacity”, ma il carico richiesto “Required” non è stato completamente assegnato), allora la settimana pendente rimane in coda di attesa, dopo che il programma ha aggiornato il suo valore “Required” (sottraendone la frazione assegnata). Questo a patto che riportando la lavorazione alla settimana successiva non si venga meno alla regola “Ahead” della settimana pendente.

Quindi, nella elaborazione di una nuova settimana, inizialmente di deve verificare che tutto quello che è in coda di attesa per la elaborazione soddisfi alla regola “Late” della settimana corrente, e alla fine invece si deve verificare che il riporto verso le settimane future soddisfi alla regola “Ahead”, dove “Ahead” è quello impostato nella settimana originale, in cui era stato richiesto il lavoro. In generale una settimana è elaborabile se è compresa nel seguente range temporale: week\_plan - ahead >= week >= week\_plan + ritardo

# Implementazione dell’algoritmo di ottimizzazione

Il programma riceve in input una tabella, contenente un certo numero di record, il cui formato è descritto nel paragrafo [Dati di Input e Output](#_Il_punto_di).

Inizialmente, nella tabella di input è necessario operare un ordinamento per i seguenti campi:

1. PLAN\_BU
2. FLAG\_HR
3. PRODUCTION\_CATEGORY

Questo permette di ottenere l’insieme di record sui quali deve essere applicato l’algoritmo di ottimizzazione.

Poi:

1. Ordinare il dataset ottenuto per WEEK\_PLAN crescente.
2. Ordinare il risultato per Priority crescente (il numero più basso significa priorità più elevata).

A questo punto otteniamo una sequenza di record ordinati esattamente nel modo in cui devono essere gestiti.

Avremo perciò i record sono ordinati nel seguente modo:

PLAN\_BU -> FLAG\_HR -> PRODUCTION\_CATEGORY -> WEEK\_PLAN -> Priority

Il processo di ottimizzazione leggerà in sequenza il set di record costruito in questo modo.

Il processo di ottimizzazione si svolge nel modo seguente (si consideri il pseudo codice che segue come una descrizione concettuale e non testuale del codice finale).

## Procedura di ottimizzazione (OptimizeWorkload)

**OptimizeWorkload**

{

// Sorta la tabella dei record in input per:

// PLAN\_BU, FLAG\_HR, PRODUCTION\_CATEGORY,

// WEEK\_PLAN(crescente), Priority(crescente)

// produce in output una tabella denominata SortedTable

**PrepareOptimization** -> SortedTable

foreach(PLAN\_BU in SortedTable)

{

foreach(FLAG\_HR)

{

foreach(PRODUCTION\_CATEGORY)

{

foreach(WEEK\_PLAN)

{

foreach(Priority)

{

**ElabPresentWeek(record)**

}

}

}

}

}

}

## Procedura che elabora la settimana corrente (ElabPresentWeek)

**ElabPresentWeek(week\_record)**

{

if (Capacity >0)

{

// prima elabora le richieste in attesa, poi

// passa alla settimana corrente (cioè quella relativa

// al record week\_record

if (**GetWaitingRequests**) // esistono settimane in coda di attesa

{

foreach (week in wait list)

{

// elabora le settimane pregresse.

// Fra le settimane in coda di attesa,

// estrae tutte quelle che

// sono compatibili con il parametro “Late”

// della settimana corrente

if (Esistono richieste pregresse)

{

// Elabora le richieste delle settimane

// precedenti. Se è possibile soddisfarle

// solo in parte, aggiorna con la

// frazione non ancora allocata, e vai avanti

**ElabWaitingRequests**

Capacity -= frazione\_assegnata

}

}

}

// elabora la richiesta relativa al record della settimana corrente

**ElabPresentRequests**

Capacity -= frazione\_assegnata

if (Capacity > 0)

{

// se non è stato possibile soddisfare (in toto

// o in parte) la richiesta, accoda la frazione

// rimanente per l’elaborazione successiva

**QueueRequests**

}

}

else

{

// solo per le richieste relative alla settimana attuale

// prenota il record per l’elaborazione Ahead”

// accoda la richiesta per l’elaborazione successiva

**QueueRequests**

}

}

## Procedura Filtra Richieste pendenti (GetWaitingRequests)

Riceve in argomento la lista completa delle settimane che sono in attesa del completamento del carico richiesto, e l’oggetto che rappresenta la settimana corrente.

Dalla lista ricevuta in input seleziona soltanto i record che rappresentano i carichi di lavoro che possono essere elaborati nella settimana corrente (quelli che soddisfano alle regole “Ahead” e “Late”), ordinati per priorità crescente (la priorità più elevata è rappresentata dal numero più basso).

Ritorna una lista contenente i record così filtrati.

## Procedura di Elaborazione delle Richieste in Attesa (ElabWaitingRequests)

La procedura elabora le richieste pendenti in attesa, e cerca di assegnare i carichi di lavoro alla settimana corrente.

Riceve in input una lista dei record che possono essere elaborati, e l’oggetto che rappresenta la settimana corrente.

Questa procedura non esegue la validazione delle richieste in attesa (conformità con le regole “Ahead” e “Late”) che è già stata eseguita nella procedura GetWaitingRequests.

Sia **ListaAttesa** la lista dei carichi di lavoro che possono essere assegnati alla settimana corrente

**ElabWaitingRequests**

{

// la ricerca viene eseguita in ordine di priorità dei

// record presenti in ListaAttesa, dalla

// più alta alla più bassa

foreach (record in ListaAttesa)

{

if (Capacity > 0)

{

if (Required <= Capacity)

{

Capacity -= Required

Required = 0;

aggiorna oggetto nella ListaAttesa

aggiorna oggetto corrente

}

else

{

Required =- Capacity

Capacity = 0;

aggiorna oggetto nella ListaAttesa

aggiorna oggetto corrente

}

}

else

{

end

}

}

}

## Procedura di Elaborazione delle Richieste Correnti (ElabPresentRequests)

La procedura è analoga alla precedente, ma lavora soltanto sulla richiesta proveniente dal record corrente. Nel loop di elaborazione di ElabPresentWeek vengono scanditi uno ad uno tutti i record relativi alla settimana corrente.

**ElabPresentRequests**

{

// la ricerca viene eseguita in ordine di priorità dei

// record che richiedono di assegnare un carico di lavoro

// alla settimana corrente, a partire da quello a

// priorità più elevata.

if (Capacity > 0)

{

if (Required <= Capacity)

{

Capacity -= Required

Required = 0;

aggiorna record corrente

}

else

{

Required =- Capacity

Capacity = 0;

aggiorna record corrente

}

}

else

{

end

}

}

## Procedura di Accodamento delle nuove Richieste Pendenti (QueueRequests)

Quando una richiesta viene elaborata, l’esito può essere:

1. Richiesta non soddisfatta (Capacity == 0, e quindi non è permessa alcuna assegnazione)
2. Richiesta soddisfatta parzialmente (0 < Capacity < Required)
3. Richiesta soddisfatta totalmente (Capacity >= Required)

Nei casi 1 e 2 è necessario inserire la richiesta fra quelle pendenti, che saranno soddisfatte in una iterazione successiva.

Naturalmente le richieste vengono inserite in questo stato “pending” soltanto se, per il record correntemente in elaborazione, vale Ahead > 0.

Questa procedura prevede che venga aggiornato il valore “Required” del record e, una volta verificate le condizioni necessarie, esso venga inserito nella coda delle elaborazioni pendenti, per un trattamento successivo.

## Generazione del tracciato di output

L’obiettivo del programma è sostanzialmente quello di compilare nel dataset originale i campi “ALLOCATED” e TCH\_WEEK, che contengono rispettivamente la quantità di ore lavorative allocate per una data settimana, e il codice rappresentante la settimana in cui la data lavorazione sarà completata.

Abbiamo concordato comunque di operare nel seguente modo.

Il dataset originale rimarrà immutato. Ad ogni nuova assegnazione del tempo lavorativo, sarà accodato al dataset originale un nuovo record, contenente l’aggiornamento relativo alla settimana in elaborazione. Per esempio (sono riportati soltanto i campi essenziali):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ID | TCH\_WEEK | WEEK\_PLAN | Ahead | Late | Priority | Capacity | Required | ALLOCATED | NOT\_ALLOCATED |
| 4 | \_ | 201712 | 8 | 6 | 2 | 0 | 0,209 | 0 | 0,209 |
| 5 | \_ | 201713 | 8 | 6 | 2 | 0 | 1,465 | 0 | 1,465 |
| 6 | \_ | 201714 | 8 | 6 | 2 | 1 | 1,465 | 0 | 1,465 |
| 7 | \_ | 201715 | 8 | 8 | 2 | 1 | 1,465 | 0 | 1,465 |
| 1000 | 201712 | 201714 | 8 | 6 | 2 | 1 | 1,465 | 0,209 | 0 |
| 1001 | 201713 | 201714 | 8 | 6 | 2 | 0,791 | 1,465 | 0,791 | 0,674 |
| 1002 | 201713 | 201715 | 8 | 6 | 2 | 1 | 1,465 | 0,674 | 0 |
| 1003 | …. | 201715 | 8 | 6 | 2 | 0,326 | 1,465 | …. | ….. |

In cui si può osservare che la settimana 201712 viene completamente allocata nella settimana 201714, mentre la richiesta della settimana 201713 viene parzialmente assegnata sempre alla 201714, lasciando una percentuale non allocata di 0,674 la quale viene completamente allocata nella settimana 201715.

Notare che le righe relative ai record originali non sono state modificate, mentre tutti gli aggiornamenti sono stati aggiunti in append.

Notare che al record 1001 la Capacity della settimana 201714 è stata aggiornata, sottraendo dalla Capacity iniziale, la quantità allocata alla settimana 201712.

Come risultato della elaborazione sarà possibile restituire anche soltanto il delta, cioè non sarà necessario ritornare anche tutti i record originali, ma soltanto quelli inseriti durante l’elaborazione

## Flusso del processo di ottimizzazione

Di seguito è riportato il flow chart del processo di ottimizzazione descritto nei paragrafi precedenti.

