

ALGUNOS MODELOS PARA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN EN EMPRESAS DE SERVICIOS

RESUMEN

Se pretende con este artículo hacer una breve descripción e identificación de los aspectos más relevantes de algunos modelos para la planeación y programación de la producción en el sector de los servicios, considerando sus características, medidas de desempeño y objetivos. Igualmente, se muestra un estudio de caso y su solución con una heurística fundamentada en la teoría de grafos. Para esto, se tienen en cuenta sus restricciones, los elementos del sistema y al final se dan a conocer algunas conclusiones que pueden incentivar al lector a profundizar en el tema y adquirir mayores elementos de discusión.

PALABRAS CLAVES: Planeación y Programación, Servicios, teoría de grafos, heurísticas, optimización.

ABSTRACT

It is tried with this paper to do a brief description and identification of the most important aspects of some models for the planning and scheduling of the production in the sector of the services, considering his characteristics, measures of performance and objectives. Also, one is to a study of case and its solution with a heuristic one based on the theory of graphs. For this, they consider their restrictions, the elements of the system and in the end occur to know some conclusions that can stimulate the reader to deepen in the subject and to acquire greater elements of discussion.

KEYWORDS: *Planning and Programming, Services, theory of graphs, heuristic, optimization.*

1. INTRODUCCIÓN

Todos en algún momento de nuestras vidas hemos percibido dificultades o beneficios en la prestación de un servicio: existen problemas con entidades financieras, con empresas de servicios públicos, con restaurantes, con entidades educativas, con centros médicos e incluso con empresas de transporte y mensajería, entre otras. Aquí, los empleados que tienen la responsabilidad de atender a los clientes son la “piedra angular” de los comentarios (críticas o elogios) y constituyen una parte de la complejidad de la prestación de servicios.

En este artículo se describen algunos modelos que pueden ser utilizados para mejorar la prestación de servicios, la relación en las actividades y recursos en esta industria, sus características operacionales y sus restricciones, las medidas de desempeño y los objetivos.

Asimismo se sabe que las empresas de servicios¹ difieren en muchos aspectos de las industrias manufactureras (ver Tabla 1). Esta situación incide en la planeación y programación de actividades incluidas en estas organizaciones.

¹ Los servicios frecuentemente presentan una mezcla de atributos intangibles y tangibles que constituyen un “paquete de servicios” cuyas aproximaciones al diseño y a la gerencia son distintas que las requeridas en una industria manufacturera.

DIANA PAOLA

BALLESTEROS RIVEROS

Estudiante de X semestre de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
dianap@utp.edu.co

PEDRO PABLO

BALLESTEROS SILVA

Ingeniero Industrial, M.Sc
Investigación de Operaciones y Estadística con énfasis en Producción
ppbs@utp.edu.co

Miembro del Grupo de Desarrollo en Investigación de Operaciones, reconocido por Colciencias en categoría A.

Las diferencias relacionadas afectan tanto las restricciones del proceso como los objetivos de cada una de estas empresas.

El alcance de este trabajo cubre a las distintas empresas cuya razón social está relacionada con la prestación de servicios.

Con respecto a la metodología empleada, los autores hicieron una revisión preliminar de algunas fuentes secundarias (ver bibliografía) y muestran la aplicación de una heurística en un caso práctico.

2. ASPECTOS RELEVANTES EN LA INDUSTRIA DE SERVICIOS

En el sector de los servicios las actividades por lo general incluyen personas y pueden tomar muchas formas como reuniones que puede ser atendidas por ciertos funcionarios, un encuentro deportivo que puede ser jugado entre dos equipos, un vuelo con escalas que se cubre por un aeroplano o cargos que deben ser ocupados en un periodo determinado.

Las características de un trabajo o de una actividad en la industria de los servicios son similares a aquellos trabajos en las empresas manufactureras. La información y datos necesarios están relacionados con:

- Duración (tiempo de proceso p_{ij})
- Tiempo de iniciación más temprano (r_j)
- Tiempo tardío de finalización (d_j)
- Nivel de prioridad (ponderación w_j)

En la industria de servicios es muy importante sincronizar el tiempo de uso de los diferentes tipos de recursos; puede ser que en algunos casos para la ejecución de cierta actividad sea necesario tener dos o tres diferentes clases de recursos disponibles al mismo tiempo.

Descripción	Empresas de servicios	Industria manufacturera
1. Características del proceso	Intangible (bienes no inventariables). Los servicios se experimentan.	Tangible (bienes físicos: materia prima, trabajo en proceso, productos terminados). Los bienes físicos se consumen.
2. Capacidad administrativa y administración de la producción.	Más preocupante que en las industrias manufactureras. La reventa del servicio no es usual. Muchos aspectos de la calidad se pueden medir. Automatizar el servicio suele ser difícil.	Menos preocupante que en las empresas de servicios. El producto puede revenderse. Algunos aspectos de la calidad son medibles. Automatizar puede ser fácil.
3. Contacto y grado de contacto con el cliente.	Directo y alto. El sitio de las instalaciones es prioritario para tener contacto con el cliente.	Indirecto y poco común. La ubicación de las instalaciones es importante para el costo.
4. Cantidad de recursos	Son variables (personal, instalaciones, transporte). Pueden requerir tiempo extra.	Generalmente son fijos (máquinas, mínimos para plazos cortos)
5. Fechas de entrega	La prestación de un servicio es inmediata.	La producción y entrega de un bien físico puede acordarse con el cliente.

Tabla 1. Principales diferencias entre empresas de servicios e industrias manufactureras.

Para transportar una carga dada de un punto a otro, un camión, un conductor y un muelle tienen que estar disponibles. Si un tren va de una estación a otra, entonces un camión puede estar disponible entre las dos estaciones mientras el tren está de camino.

Las características operacionales y las restricciones en los modelos de servicios son diversas y a menudo más difíciles de especificar que en los modelos de manufactura. Entre éstas se pueden mencionar las fechas de liberación y las fechas de entrega; los requerimientos de capacidad y sus restricciones; las prioridades; los tiempos de preparación y los tiempos de ajuste; los operadores y las herramientas requeridas y las restricciones en la programación de la fuerza laboral.

Por otra parte, las medidas de desempeño y los objetivos en los servicios pueden ser de hecho también una función de la realización de tiempo completo, las fechas de entrega y las fechas límite, pero los objetivos en los servicios pueden tener una dimensión adicional, asociada a la plena satisfacción del cliente. Un objetivo en un ambiente de servicio puede ser una combinación de dos tipos de objetivo: uno acerca de la duración de las actividades y otro acerca de la utilización de los recursos. Si estos dos tipos de objetivos son combinados en una función objetivo entonces los pesos apropiados tienen que ser determinados en forma adecuada.

Entre las medidas de desempeño se enumeran: tiempo de flujo máximo, el costo de la preparación, costo de

iniciación temprana y costo de finalización tardía y costos de personal.

3. CONTENIDO

Varios modelos de planeación y programación, que se describen brevemente a continuación juegan un papel importante en las empresas de servicios.

3.1 MODELO PARA SISTEMAS DE RESERVAS Y LISTA DE TIEMPOS DE LLEGADA Y SALIDA DE EVENTOS PROGRAMADOS.

Estas dos clases de modelos matemáticamente están conectados entre sí, sin embargo presentan similitudes y diferencias. Un trabajo j en un sistema de reservas tiene una duración p_j , los tiempos de inicio y de terminación son a menudo fijos y el trabajo se paga por anticipado y no existen holguras. Se cita el caso de una firma que alquila vehículos, donde un trabajo es equivalente a la reserva de un carro en un determinado periodo. La empresa puede no tener la capacidad de atender todas las reservas que presentan los clientes, es decir no está en capacidad de confirmar todas las reservaciones. Se pueden conocer cuáles trabajos procesa y cuáles no. El objetivo es procesar tantos trabajos como sea posible.

En la lista de tiempos de llegada y de salida cada trabajo o actividad puede ser conocida o examinada con una duración p_j que ha sido programada en un tablero. Puede haber un tiempo temprano de inicio, r_j , un tiempo tardío de terminación, d_j y cierta cantidad de holgura.

Otro ejemplo en este caso está relacionado con la programación de salas de operación o de cirugía de hospitales o asignación de aulas en un centro educativo. En un hospital se requieren pacientes, salas de operación, cirujanos, anesthesiólogos, y otros miembros de equipo quirúrgico. El objetivo es encontrar una programación factible que incluya todas las operaciones y satisfaga todas las restricciones.

El modelo de tiempos de llegada y salida tiene similitud con la programación de la fuerza de trabajo. Ésta consiste en varios conjuntos de diferentes tipos de operadores (un conjunto de tipo l comprende w_l operadores de tipo l). El conjunto w_l se fija para un cierto plazo.

3.2 MODELO PARA PROGRAMACIÓN DE TORNEOS Y PARA PROGRAMACIÓN DE DIFUSIÓN DE TELEVISIÓN.

La segunda clase de modelos de servicio consiste en la programación de torneos y en la programación de difusión de televisión. De esta clasificación, la primera involucra una liga con un conjunto de equipos y un número fijo de juegos que pueden ser asignados en tiempos determinados. Los juegos están sujetos a muchas restricciones. Por ejemplo, un equipo podría no jugar más de dos encuentros consecutivos de local o no más de dos juegos consecutivos de visitante. El problema de programación de torneos puede ser comparado con el problema de programación de máquinas en paralelo, donde todos los trabajos tienen, por lo general, el mismo tiempo de proceso. Es más, existen restricciones que son un poco similares a las de la fuerza de trabajo en la programación de proyectos desde que un equipo puede jugar a lo sumo en un tiempo dado.

La planificación de los programas en una red de televisión, es algo diferente de la planificación de un torneo deportivo. Sin embargo, la programación de espectáculos en televisión tiene varias similitudes con la planificación del torneo. El horizonte de planificación normalmente es una semana y la semana consiste en un número fijo de franjas de tiempo.

Varios espectáculos están disponibles para transmitirse y son asignados a las diferentes franjas de tiempo de tal manera que una cierta función objetiva se optimice. Es más, la asignación de espectáculos a las franjas está sujeta a una variedad de condiciones y restricciones. Por ejemplo, asignar un espectáculo a una franja puede afectar la contribución a la función objetiva de otro espectáculo en una franja diferente. Por consiguiente, la formulación de programación entera de este problema es similar a la planificación de los torneos deportivos.

3.3 MODELO PARA LA PROGRAMACIÓN DE TRANSPORTE

La planeación y programación son muy importantes en aerolíneas, ferrocarriles y en empresas de envíos.

Un trabajo puede ser un viaje o un vuelo con escalas que tienen que ser cubiertos por un barco, avión o vehículo, los cuales juegan un papel similar a una máquina. Un viaje o un vuelo con escalas j tiene lugar en un horario dado y está sujeto a las restricciones y limitaciones del proceso. Éstas últimas especifican cómo un viaje o un vuelo particular con escalas puede ser posible en k viajes redondos que puede asignarse a un vehículo particular y su tripulación. El viaje redondo k incurre en un costo c_k y genera una utilidad u_k .

3.4 MODELO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA FUERZA DE TRABAJO (MANO DE OBRA)

Este es un aspecto muy importante en la industria de los servicios. Los modelos de programación de la fuerza de trabajo tienden a ser bastante diferentes de los modelos de programación de máquinas. La programación de la mano de obra implica cualquier cambio en la planificación en instalaciones del servicio (por ejemplo, un centro de atención) o planificación de la tripulación en un medio de transporte.

Los modelos de programación de turnos son los más fáciles para formular: para cada intervalo de tiempo hay requerimientos que consideran el número de personal que debe estar presente.

Un intervalo de tiempo i requiere b_i personas. El personal puede contratarse para los diferentes turnos y hay un costo asociado con cada tipo de contrato. El objetivo es minimizar el costo total. Uno puede argumentar que la programación por turnos es similar a la programación de máquinas. Durante un intervalo de tiempo i , b_i tareas deben realizarse. En este sentido, la fuerza de trabajo es equivalente a un número de máquinas en paralelo donde se procesan las diferentes tareas. Al menos los recursos b_i deben estar disponibles para hacer estas tareas. Existen restricciones y costos asociados con el mantenimiento de estos recursos, por lo tanto el objetivo de estos modelos es minimizar el costo total.

Por lo anterior, es claro que en estos casos hay similitudes entre las aplicaciones de la planeación y programación en manufactura y en servicios.

Los sistemas de reservaciones son comunes en transporte e industrias hospitalarias; sin embargo, también representan un papel en escenarios industriales cuando los clientes pueden reservar los tiempos específicos en máquinas dadas.

En la práctica, la programación de la fuerza de trabajo puede estar entrelazada con otras funciones de programación. Por ejemplo, la programación de máquinas puede depender de la programación de turnos y la programación de flotas puede depender de la programación de la tripulación.

La información que se puede analizar está asociada con la duración de la actividad (tiempo de proceso p_{ij}), tiempo de iniciación más temprano (fecha de liberación r_j), tiempo tardío de terminación (o fecha de entrega d_j), nivel de prioridad (ponderación w_j). El nivel de prioridad de una actividad depende del beneficio o costo. Una actividad puede tener más parámetros que especifican, por ejemplo, los recursos adicionales que se exigen para su ejecución.

En las empresas de servicios los recursos pueden ser un salón de clase, una sala de juntas, un cuarto de hotel, un estadio, una agencia que alquila vehículos, una sala de cirugía. El transporte puede hacerse a través de un avión, un barco, un camión, o una persona utilizando instalaciones como un aeropuerto, una estación de trenes, o un muelle. En el cuidado de la salud un recurso puede ser una sala de cirugía, un cirujano, un anesthesiólogo.

4. ESTUDIO DE CASO

En este artículo se efectúa una aplicación del algoritmo "Heurística de coloración de grafos" para resolver un problema del sistema de lista de tiempos de salida y llegada de eventos con operadores o con restricciones de herramientas.

En lo que sigue, los operadores no son idénticos. Cada operador es único, tiene su propia identidad y su propia habilidad. Un operador en este modelo realmente puede ser equivalente a una pieza específica de maquinaria, una instalación, o una herramienta. Una actividad necesita para su ejecución un conjunto específico de operadores diferentes y/o herramientas.

Cada actividad requiere uno o más operadores diferentes o herramientas. Si dos actividades necesitan el mismo operador, ellas no pueden realizarse al mismo tiempo. En la versión posible de este problema, el objetivo es encontrar una programación o una lista de tiempos de salida y llegada que complete todas las n actividades sin variar el horizonte de tiempo inicial. En la versión de optimización, el objetivo es hacer todas las actividades y minimizar el flujo total. En el estudio de caso se asume que todas las actividades tienen una duración igual a 1. Aún en casos especiales, actividades con igual duración no tienen una solución fácil. Así, se concentra la atención en la versión posible cuando todas las duraciones son iguales a 1. Se encuentra para este caso un conflicto independiente que es estructuralmente equivalente al

problema de los nodos coloreados. También se consideran n nodos, donde cada nodo j corresponde a la actividad j . Si existe un arco indirecto (j,k) conectando los nodos j y k , entonces el procesamiento de las actividades j y k no pueden tener el mismo color. Si el grafo puede ser coloreado con m o menos colores, existe la posibilidad de una programación con m recursos. El problema del grafo coloreado² es más general que el problema de las reservas en el que el número de recursos utilizados es mínimo.

El problema del nodo coloreado establece los enlaces entre los intervalos de programación, las reservas y la lista de tiempos de salida y llegada. En este algoritmo, un grafo se construye para representar cada actividad como un nodo. Dos nodos son conectados por un arco si las dos actividades requieren el mismo operador. Éstas, sin embargo, no pueden ser programadas en la misma franja de tiempo. Si la longitud del horizonte de tiempo es H franjas de tiempo, entonces la pregunta que se debe responder es: ¿pueden los nodos ser coloreados con H colores diferentes en cada camino donde dos nodos consecutivos no reciben el mismo color?

El problema de optimización asociado es determinar el mínimo número de colores necesario para colorear los nodos del grafo en el que dos nodos consecutivos no tengan el mismo color.

Este mínimo número de colores está referido a un número cromático del grafo y es equivalente al flujo total en el problema de la lista de tiempos de llegada y de salida.

Existe un número importante de heurísticas para este problema con duración igual a 1. En la terminología de la teoría de grafos, el grado de un nodo es el número de arcos conectados con el nodo. En un grafo parcialmente coloreado el nivel de saturación es el número de nodos de diferentes colores conectados al nodo seleccionado.

El algoritmo que se aplica en este artículo tiene las siguientes etapas:

Etapas 1: Se deben colocar los nodos en forma decreciente de su grado.

Etapas 2: Se colorea un nodo con el máximo grado con color 1.

Etapas 3: Se escoge un nodo no coloreado con el nivel máximo de saturación. Si hay un vínculo, se selecciona

² Es un problema posible NP-difícil. (NP = problema de tipo no polinomial para los cuales hasta ahora no se conocen algoritmos con esfuerzo computacional de tipo polinomial para encontrar su solución óptima.

uno de los nodos con el grado máximo en el grafo sin colorear.

Etapa 4: Se colorea el nodo seleccionado con el número más bajo posible.

Etapa 5: El algoritmo termina cuando todos los nodos están coloreados. De otra manera, se vuelve a la etapa 3 hasta terminar.

APLICACIÓN: Los consultores C1, C2, C3, C4 y C5 atienden siete proyectos (P) de los que tienen que presentar informes ejecutivos acerca de sus avances en reuniones cuya duración es de una hora. Las reuniones se deben programar de tal manera que cada uno de los cinco consultores pueden estar presentes en todas las reuniones programadas.

C \ P	1	2	4	5	6	7
C1	1	0	1	1	1	0
C2	1	1	1	0	1	0
C3	0	0	1	0	1	1
C4	1	0	1	1	1	0
C5	0	1	1	1	1	0

Tabla 2. Relación de Proyectos (P) y consultores (C)

El objetivo es programar todas las siete reuniones en una tarde entre las 13 horas (1:00 p.m.) y las 18 horas (6: p.m.). (Ver tabla 2).

Este problema puede ser transformado en un problema de lista de tiempos de llegada y salida, donde los proyectos son actividades y los consultores son operadores.

Si las actividades son consideradas como nodos, entonces sus grafos se pueden representar en la figura 1.

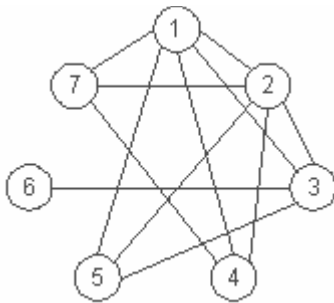


Figura 1. Gráfico del casco de los consultores.

De la anterior figura se obtienen los grados por nodo como se muestra a continuación: (ver tabla 3)

Actividades	1	2	3	4	5	6	7
Grados del nodo	5	5	4	3	3	1	3

Tabla 3. Grados por nodo del grafo de la Figura 1.

En consecuencia, la actividad 2 puede ser coloreada primero, por ejemplo con color rojo (Color 1). Ver figura 2.

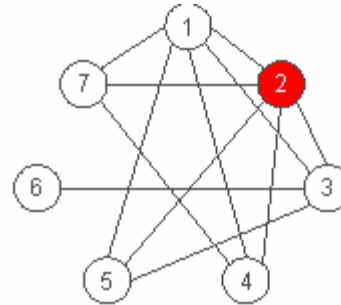


Figura 2. Gráfico del casco de los consultores con nodo 2 coloreado.

El nivel de saturación de todos los nodos conectados al nodo 2, por ejemplo los nodos 1, 3, 4, 5 y 7 son iguales a 1. De estos nodos, el nodo 1 presenta el más alto grado. Se colorea con azul (color 2). Ver figura 3.

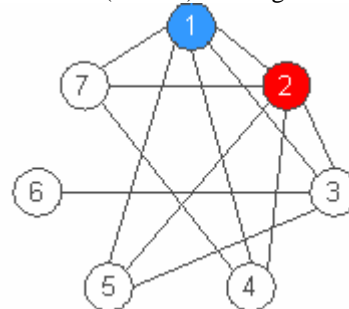


Figura 3. Gráfico del casco de los consultores con nodo 2 y 1 coloreado.

El nuevo nivel de saturación y los grados de la figura 3 se determinan en la tabla 4.

Actividades	1	2	3	4	5	6	7
Nivel de saturación	-	-	2	2	2	0	2
Grados del nodo	-	-	2	1	1	1	1

Tabla 4. Grados por nodo del grafo de la Figura 3.

Con base en la tabla 4, se selecciona el nodo 3 para ser coloreado con amarillo (color 3). Después se colorea el nodo 4 con color verde (color 4) Sigue el nodo 5 que se colorea con el número más bajo que corresponde al color azul. El nodo 6 se colorea con rojo y finalmente el nodo 7 se colorea con amarillo. Ver figura 4.

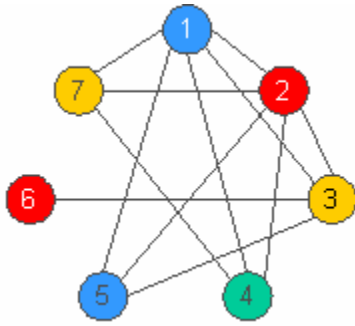


Figura 4. Gráfico del casco de los consultores con todo los nodo coloreados.

En consecuencia, únicamente cuatro colores fueron necesarios para colorear todo el grafo. El makespan correspondiente es igual a 4. Se puede observar fácilmente que esta programación es óptima.

Para ver por qué tiene sentido programar la actividad primero con el grado más alto, se deja a consideración del lector su solución, teniendo en cuenta la programación de la actividad con el grado más bajo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los autores presentan a consideración de los lectores cuatro modelos para la planeación y programación de la producción en empresas de servicios y se deja la inquietud de seguir investigando los distintos métodos que permitan obtener soluciones óptimas o aproximadas para cada situación.

La aplicación de la heurística “coloración de grafos” en problemas como el tratado en este documento, a pesar de su planteamiento sencillo y elemental resulta una alternativa práctica para obtener la solución óptima y favorecer la discusión académica respectiva.

Por lo anterior, se observa que la teoría de grafos se convierte en una herramienta poderosa para resolver diversos problemas facilitando la utilización de diversos algoritmos.

Se recomienda al lector a abordar estudios de caso o situaciones cuando la duración de las actividades son diferentes a 1. Aquí, también existe otra oportunidad para seguir investigando en este interesante tema.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. PINEDO L., Michael. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, 506 páginas, Springer Science + Business Media Inc., New York, 2005.
- [2]. RESTREPO, Jorge Hernán. Aplicación de la teoría de grafos y el algoritmo de Dijkstra para determinar

las distancias y las rutas más cortas en una ciudad. Revista

- [3]. TORANZOS, Fausto A. Introducción a la teoría de grafos., Programa regional de desarrollo científico y tecnológico de la OEA, 80 páginas, Editora Eva V. Chesneau., Washington, 1976.