



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

HEURÍSTICAS PSICOLÓGICAS: UNA EXPERIENCIA EN EL AULA

Carlos Andrés Arango Londoño, Fernando Guerra Avellaneda

Universidad de la Salle
Bogotá, Colombia

Resumen

Se utilizan heurísticas psicológicas en un problema de control de inventarios que involucra el análisis de la demanda. Para esto, se procede a conceptualizar las heurísticas psicológicas en un grupo de estudiantes a partir de una serie de ejemplos en campos de aplicación donde tales heurísticas han mostrado su efectividad. Enseguida los estudiantes implementan las heurísticas en el problema de aplicación. Finalmente, teniendo en cuenta la experiencia de aula se realiza un ejercicio cualitativo de comparación del desempeño de las heurísticas psicológicas contra los métodos convencionales en problemas de juicio, categorización y pronóstico.

Palabras clave: heurísticas psicológicas; B.O.R.; problemas de satisfacción

Abstract

Psychological heuristics are used in an inventory control problem that involves the analysis of demand. First, one proceeds to conceptualize psychological heuristics on a group of students from a number of examples in application fields where heuristics have shown their effectiveness. Then, students use the heuristics in an application problem. Finally, based in one classroom experience, a qualitative contrast exercise of psychological heuristics performance against conventional methods is made, in forecast, judgment and categorization problems.

Keywords: *psychological heuristics; BOR; constraint satisfaction problems*

1. Introducción

Las Heurísticas Psicológicas han mostrado buen rendimiento en problemas de juicio, pronóstico y categorización, en ámbitos ligados a la medicina (Fisher, 2002), los negocios (Astebro, 2006) y la psicología (Czerlinski, 1999), principalmente. Un trabajo de síntesis de los conceptos teóricos y las condiciones que

pueden explicar el éxito de las heurísticas en los tipos de problemas y campos del saber mencionados, han sido desarrollados por Katsikopoulos en (Katsikopoulos, 2011).

Este documento muestra como algunas de las heurísticas psicológicas son usadas por los estudiantes para dar solución a problemas de optimización en los cursos de Investigación de Operaciones. Hecho que además de sugerir la posibilidad de nuevas formas de llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje, permite a través de una serie de experiencias de aula conocer bajo cuales condiciones, técnicas de optimización -en particular técnicas de optimización lineal- y heurísticas se aventajan teniendo como puntos de referencia tres elementos: La estructura del problema, los recursos del tomador de decisiones y, las propiedades de los modelos.

El escrito se organiza de la siguiente manera: en la primera sección se definen las heurísticas psicológicas, describiéndose brevemente tanto los tipos de problema a tratar como las heurísticas de mayor interés para el trabajo que aquí se desarrolla. La segunda sección, describe las experiencias de aula realizadas en el marco de un proyecto integrado entendido éste como espacio académico donde los estudiantes deben poner en práctica los aprendizajes adquiridos durante su formación en ingeniería. La tercera sección versa de los resultados obtenidos, evidenciando las heurísticas empleadas y el análisis de los resultados en el ámbito de la optimización lineal.

2. Heurísticas Psicológicas

Las heurísticas son modelos computacionalmente simples que permiten rápidamente encontrar buenas soluciones factibles. Son técnicas que a partir de un conjunto de reglas, buscan buenas soluciones a un costo computacional razonable. En este sentido, una heurística es “aproximada” en tanto provee una buena solución con relativamente poco esfuerzo, aunque sin garantizar la optimalidad. Las heurísticas Psicológicas son modelos para hacer inferencias que se caracterizan porque dependen en gran medida de las capacidades básicas de los seres humanos (tales como reconocimiento, recuerdo, o imitación), no necesariamente utilizan toda la información disponible y procesan tal información mediante cómputos simples. Son fáciles de entender, aplicar y explicar (usabilidad y transparencia), y aunque no siempre van bien comparadas con técnicas de referencia (técnicas de optimización Lineal por ejemplo), son al mismo tiempo rápidas, frugales y precisas (Gigerenzer, 2008).

Este escrito toma en consideración tres tipos de problemas de inferencia en los que las heurísticas han mostrado buen desempeño: Problemas de juicio, pronóstico y categorización.

2.1 Problemas de inferencia a considerar

Considere una serie de objetos, A, B, C, \dots, Z cada uno con sus respectivos atributos, a_1, a_2, \dots, a_n , se asume que ante un objeto dado y un atributo de ese objeto, el tomador de decisiones es capaz de obtener valores cuantitativos tanto del atributo sobre el objeto, como del objeto según el criterio. Es decir; si $C(A)$: Valor del objeto A según el criterio, y $a_i(A)$: Valor del atributo a_i del objeto A , entonces $C(A)$, $a_i(A)$ toman valores reales no negativos (mientras no se diga lo contrario se supone aquí que la correlación entre cada atributo y el criterio es positiva).

Se plantean tres tipos de problemas:

- Problemas de Juicio (Hogarth, 2005): Para un conjunto O de objetos se pregunta por cuál de ellos tiene un valor mayor sobre un criterio numérico (aún si la respuesta correcta es conocida de

antemano, se asume que el tomador de decisiones no tiene acceso a esta y debe inferirla). Por ejemplo: Sea O el conjunto admisible de un problema de optimización lineal, ¿cuál de los elementos de O tiene el mayor (menor) valor para un criterio C ?

- Problemas de Categorización (Martignon, 2008): Consiste en asignar a un objeto, una de múltiples categorías mutuamente excluyentes. Puede verse como una generalización del problema del juicio.
- Problemas de Pronóstico (Goldstein, 2009): Asigna (infiere) el valor de criterio para un objeto dado teniendo en cuenta los atributos del objeto.

Un problema de juicio puede verse como un problema de categorización donde el conjunto de objetos O puede verse como un solo objeto: el par (S, S') , y las posibles categorías que pueden ser asignadas son: $C(S) > C(S')$ y $C(S') > C(S)$ donde S y S' forman una partición de O . A su vez, un problema de pronóstico puede verse como un problema de categorización donde cada valor posible del criterio es una posible categoría (en la práctica esto tiene sentido si el criterio es binario valorado categóricamente).

2.2 Tipos de Heurísticas a estudiar

Las heurísticas a estudiar están vinculadas a los problemas de inferencia considerados arriba:

- Heurística de Anclaje: En ciertas situaciones, los agentes hacen estimaciones a partir de un valor inicial ajustado, basan su estimación en el resultado de un cálculo incompleto para producir la respuesta final. El valor inicial o punto de partida, puede haber sido sugerido por la formulación del problema, o bien puede ser el resultado de un cálculo parcial. En uno y otro caso, los ajustes son normalmente insuficientes. Esto significa que puntos de partida diferentes generan estimaciones diferentes que se encuentran sesgadas a los valores iniciales. Este fenómeno se conoce como anclaje (Kahneman, 2011)
- Heurística de Anclaje y Ajuste: Es una estrategia en la cual una cantidad desconocida es estimada recurriendo a un punto de referencia conocido (el ancla) y luego ajustando por el efecto de otros factores menos conocidos o cuyos efectos son menos claros, requiriendo que el decisor estime sus efectos mediante el uso de una simulación mental. Estas Heurísticas se convierten en una serie de reglas de decisión que utilizan la información local (subjetiva) disponible y que no asumen conocimiento de la estructura global del sistema por parte del que toma decisiones (Sternman, 1989).

3. Experiencia de Aula en el marco del Proyecto Integrado

3.1 El proyecto integrado y modelos de optimización

El proyecto integrado Consiste en la planeación y control de inventarios de dispositivos electrónicos que debe realizar una bodega central con el fin de asignar su producto a 1156 puntos de venta. Inicialmente, cada punto de venta solicita las unidades requeridas durante un periodo de tiempo establecido, con esta información, el almacén, de acuerdo a su disponibilidad asigna el producto a cada punto de venta. La actividad crítica, consiste en realizar el proceso de asignación de las mercancías, sin generar inconvenientes tales como: puntos de venta con inventario insuficiente, sobrestock, unidades que no se solicitaron, devoluciones, etc.

La primera tarea a realizar en el desarrollo del proyecto es la identificación de los subsistemas que intervienen en el proceso y la forma en que operan. A partir de esta información, se procede a analizar la

demanda de los puntos de venta usando una clasificación ABC realizada por los estudiantes que ayuda a establecer las prioridades en cuanto la asignación de mercancía.

Enseguida se evalúan posibles alternativas de modelos de optimización de inventarios que tratan con demandas deterministas: desde modelos de planeación de la producción/órdenes, problemas de asignación, pasando por modelos de cantidad económica de pedido hasta algoritmos de programación dinámica (Wagner- Within) y heurísticas (Silver Meal) entre otros. Todos ellos permiten que los estudiantes implementen políticas de control de inventarios, analicen los resultados y sugieran una solución del problema planteado.

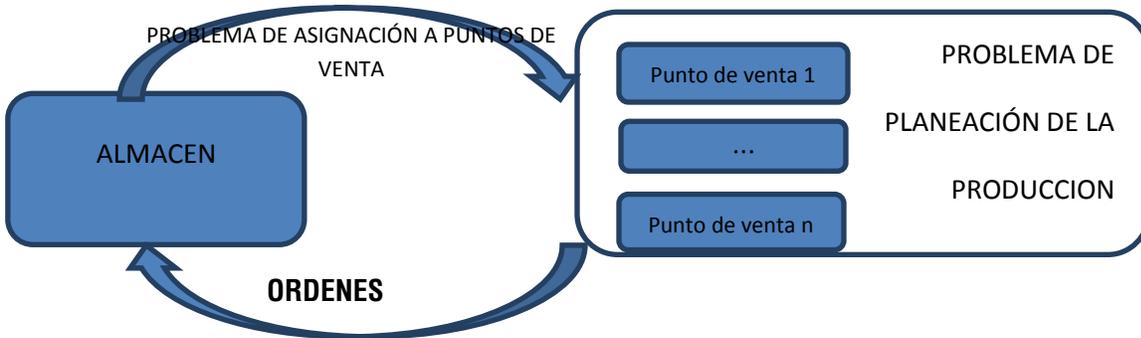


Figura 1. Modelos de optimización usados en el proyecto integrado (Fuente: Autores)

3.2 Experiencia de aula

A continuación se describe la experiencia de aula considerando dos tipos de modelos de optimización: El problema de asignación de recursos y el problema de planeación de la producción (Mora, 1997). De los dos tipos de problema se consideran instancias pequeñas que pueden ser resueltas manualmente sin equipo de cómputo, en tanto se busca que los estudiantes empleen heurísticas psicológicas para su solución.

Para cada uno de los problemas de optimización y heurísticas a emplear en la experiencia de aula se considera:

t: Número de periodos del horizonte de planeación ($t=1,2,\dots, n$)

O_t: Cantidad de unidades de producto a ordenar en el periodo *t*

I_d: Nivel de inventario deseado del producto (constante durante el horizonte de planeación).

I_t: Nivel de Inventario en unidades del producto en el periodo *t*.

D_t: Demanda del producto en el periodo *t*.

Problema 1: Problema de la Planeación de la producción

Descripción del problema: se proporciona a los estudiantes un problema de planeación de la producción con la particularidad de que los costos de mantener inventario C_m son constantes en el horizonte de planeación mientras que los costos de ordenar $C_{o,t}$ son variables en el horizonte de planeación.

Se les entrega una tabla que contiene las demandas de un punto de venta particular y se les pide completarla tomando como condición inicial $I_0 = 1$, condición final de inventario $I_T = 0$ y donde $C_m = 2$, C_{oi} : 1, 4, 3, 6.

La cantidad de soluciones factibles de este problema es de $15 \cdot 11 \cdot 8 \cdot 6 = 7920$.

Resultados:

T	O _t	I _{t-1}	D _t	t	O _t	I _{t-1}	D _t	t	O _t	I _{t-1}	D _t	t	O _t	I _{t-1}	D _t	t	O _t	I _{t-1}	D _t
1	11	1	2	1	4	1	2	1	7	1	2	1	5	1	2	1	6	1	2
2	0	10	3	2	0	3	3	2	0	6	3	2	0	4	3	2	0	5	3
3	0	7	2	3	7	0	2	3	4	3	2	3	6	1	2	3	5	2	2
4	0	3	5	4	0	5	5	4	0	5	5	4	0	5	5	4	0	5	5
		0				0				0				0				0	

Tabla1. Conjunto de soluciones factibles obtenidas por los estudiantes (Fuente: Autores)

Los estudiantes identifican los periodos del horizonte de planeación donde los costos de ordenar son más bajos. Inicialmente, ordenan de tal manera que se satisfaga el total de la suma de las demandas en el periodo de más bajo costo, obteniendo un valor de $z = 57$ u.m.a. Este valor funciona como ancla. Enseguida asignan cantidades demandadas proporcionales a los dos periodos identificados con costos de ordenar más bajos, finalmente comparan los costos totales eligiendo aquella cuyo valor de z es menor.

¿Qué ocurre si se asumen costos iguales y constantes en el horizonte de planeación?

Descripción de la experiencia: se proporciona a los estudiantes un problema de planeación de la producción con la particularidad de que los costos de ordenar y de inventario son iguales y constantes en el horizonte de planeación. Se entrega una tabla que contiene las demandas de un punto de venta particular y se les pide completarla tomando como condición inicial $I_0 = 0$ y condición final $I_9 = 0$

Resultados: Dadas las demandas, la condición inicial para el nivel de inventario I y el nivel de inventario final I_T los estudiantes establecen que la mejor solución es aquella que satisface la demanda en cada uno de los periodos y a su vez no deja inventario. Ese es su criterio y a partir de él establecen una meta, la cual difiere del objetivo del problema planteado. En ese sentido puede afirmarse que el objetivo del problema tiende a ser ignorado. (Ver tabla 2)

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9
O _t	5	9	3	7	6	15	23	12	
I _{t-1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D _t	5	9	3	7	6	15	23	12	

Tabla 2. Resultados problema 1 (Fuente: Autores)

En términos generales, los estudiantes abordan las distintas versiones del problema como si su estructura fuese de asignación pura (de hecho este problema, puede reformularse sin incluir como variable de decisión el nivel de inventario, ni su costo) deciden que la mejor solución satisface la demanda y no deja inventario en dicho periodo. Implícitamente está la idea que es menos costoso ordenar que mantener inventario cuando $I_0 = 0$.

En este sentido, se muestra que la heurística psicológica empleada es la propuesta por Sterman conocida como heurística de anclaje y ajuste. Formalmente:

$$O_t = I_t - I_{t-1} + D_t$$

$$I_t = O_t - D_t$$

Estas relaciones de recurrencia que permiten determinar las cantidades a ordenar modelan una **heurística psicológica de anclaje y ajuste** para el problema de planeación de la producción.

Al diligenciar nuevamente la tabla, esta vez utilizando únicamente las relaciones de recurrencia que definen la heurística de anclaje de ajuste, tomando como condición inicial $I_0 = 0$ y tomando el nivel de inventario deseado: $I_d = 0$ se llega al mismo resultado que obtuvieron los estudiantes en el reto anterior.

Experiencia 2: Problema de asignación de productos a puntos de venta

Un distribuidor posee en su almacén m artículos que debe entregar a n puntos de venta. Sea $b(i,j)$ el máximo beneficio que puede obtener el punto de venta j ($j=1,2,3,\dots, n$) al asignarle i artículos ($i=0,1,2,\dots,m$). Se asume que los beneficios no son directamente proporcionales al número de artículos y que no es obligatorio asignar productos a cada uno de los puntos de venta (de hecho puede darse la situación de asignar todos los artículos a un solo punto de venta).

El distribuidor desea saber cuantos artículos debe asignar a cada punto de venta para maximizar el beneficio total.

Se le pide al estudiante que resuelva el problema para 5 artículos y 4 puntos de venta. Teniendo en cuenta los siguientes beneficios:

i	b_{i1}	b_{i2}	b_{i3}	b_{i4}
0	0	0	0	0
1	2	2	1	4
2	4	3	4	5
3	6	4	7	6
4	8	8	9	7
5	10	12	11	8

Tabla 3. Tabla de beneficios para el problema 2 (Fuente: Autores)

El tamaño del conjunto factible de este problema es $6^4 = 1296$

Resultados: La máxima cantidad de artículos es 5, inicialmente se observa como revisan el máximo beneficio para la máxima cantidad de artículos 12, este valor funciona como el ancla. Posteriormente, proceden a realizar sumas de modo que no se rebase el máximo de artículos a asignar, de este modo, en una de las posibilidades saben que pueden enviar cuatro artículos a una tienda y queda sobrando otro artículo que pueden enviar a otra, con esta información, escogen la tienda a la que pueden enviar cuatro artículos y a la que pueden enviar uno que tenga el mayor beneficio. Otra de las posibles combinaciones era enviar tres artículos a una tienda y de a uno a otras dos, sin embargo el criterio de selección de a cual tienda enviar, sigue siendo el beneficio obtenido

4. Análisis de Resultados

En el problema de planeación de la producción donde los costos de mantenimiento y de ordenar son constantes e iguales entre sí durante el horizonte de planeación se encuentra que la heurística de anclaje y ajuste (ignorando la optimización de costos) procede tan bien como un algoritmo de optimización lineal, de hecho todos los estudiantes llegaron a la solución óptima.

En el problema de planeación de la producción donde los costos de mantenimiento son constantes y los costos de ordenar son variables durante el horizonte de planeación, se encuentra que los estudiantes realiza una categorización de los periodos: periodos donde se incurre en altos costos y periodos donde se incurre en bajos costos. Emplean una heurística de niveles de aspiración, estableciendo como ancla (valor de tolerancia) el costo resultante de ordenar en el periodo de menor costo, todo lo demandado en el horizonte de planeación. Terminan la búsqueda una vez encuentran una distribución de las ordenes en los distintos periodos que sea menor al valor de tolerancia (en tanto el problema es de minimización de costos).

En el problema de asignación de puntos de venta, los estudiantes toman como referencia el punto de venta que mayor beneficio otorga al asignar la mayor cantidad de productos (n productos), establecen este beneficio como valor de tolerancia o ancla. Enseguida consideran los puntos de venta en los que se encuentra el más alto beneficio por asignar $0, 1, 2, \dots, n$ productos, y desestiman la información relativa a los puntos de venta en los que se encuentra el menor beneficio por asignar $0, 1, 2, \dots, n$ productos. Realizan combinaciones entre los beneficios de los puntos de venta con mayor beneficio sin sobrepasar la cantidad máxima n a asignar, eligen la combinación cuyo beneficio es mayor y finalmente, la comparan con el ancla para decidir.

El desempeño de las heurísticas empleadas por los estudiantes en el problema de asignación de n productos a m puntos de venta, resulta alto, en el sentido que el 80% de los resultados obtenidos coincide con el valor óptimo del problema.

Los estudiantes al solucionar los retos asignados en un contexto de información y tiempo limitado, sin recurrir a recurso computacional alguno, o técnicas de optimización (como el método simplex), emplean de forma combinada heurísticas psicológicas que les permiten encontrar soluciones que en la mayoría de los casos resultan muy cercanos a la solución óptima, en un ambiente que se caracteriza por ser lineal.

Los estudiantes en la búsqueda de solución a los problemas asignados, los consideran como si fuesen problemas de satisfacción estableciendo un valor de tolerancia, (un valor que les sirve de ancla) sobre el cual eligen mediante las heurísticas una “buena solución” -una solución satisfactoria- y no necesariamente una solución óptima.

5. Comentarios Finales y trabajos futuros

El trabajo realizado aquí es ante todo de carácter cualitativo y permite conocer algunas de las heurísticas psicológicas que emplean los estudiantes durante el desarrollo de su proyecto integrado. Un trabajo futuro consiste en realizar diseños experimentales para determinar en forma precisa las heurísticas psicológicas que usan los estudiantes en el aula al abordar distintas tareas propias de su quehacer académico, con el objeto de diseñar e implementar procesos de enseñanza-aprendizaje fundadas en ellas y así, determinar el impacto de tales heurísticas en el aula.

Finalmente, Otro trabajo que puede derivarse consiste en construir algoritmos inspirados en heurísticas psicológicas y aplicarlos a problemas de optimización de gran tamaño con el fin de comparar su rendimiento teniendo como punto de referencia el desempeño de métodos de optimización convencionales.

6. Referencias

Artículos de revistas

- Astebro, T. a. (2006). The effectiveness of simple decision heuristics: Forecasting commercial success for early - stage ventures. *Management Science*, 395-409.
- Fishburn, P. (1974). Lexicographic orders, decisions and utilities: A survey. *Management Science*, 1442-1471
- Fisher, J. E. (2002). Using simple heuristics to target macrolide prescription in children with community acquired pneumonia. *Archives of Pediatrics*, 1442-1471.
- Goldstein, D. G. (2009). Fast and Frugal Forecasting. *International Journal of forecasting*, 760-762.
- Hogarth, R. a. (2005). Ignoring information in binary choice with continuous variables: When is less "more"? *Journal of Mathematical Psychology*, 115-124.
- Katsikopoulos, K. (2011). Psychological Heuristics for Making Inferences: Definition, Performance, and the Emerging Theory and Practice. *Decision Analysis*, 10-29.
- Martignon, L. K. (2008). Categorization with limited resources: A family of simple heuristics. *Journal of Mathematical Psychology*, 352-361.
- Serman, J. (1989). Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment. *Management Science*, vol 35, #3, 321-339.

Libros

- Czerlinski, J. G. (1999). *How good are simple heuristics?* New York: Oxford University Press.
- Gigerenzer. (2008). *Decisiones instintivas: la inteligencia del inconsciente*. Barcelona: Ariel.
- Kahneman. (2011). *Thinking fast and slow*. New York: Farrar Straus and Giroux.
- Mora H. M. (1997). Programación no lineal. Bogotá. Ediciones Universidad Nacional

Sobre los autores

- **Carlos Andrés Arango Londoño**: Ingeniero Mecánico, Master en Ingeniería Industrial. Profesor Asistente. cararango@unisalle.edu.co
- **Fernando Guerra Avellaneda**: Ingeniero de Sistemas, Especialista en Matemática Aplicada. Profesor Catedrático. dfguerra@unisalle.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)