



Manual de usuario

Prefacio

Índice

Introducción	6
Historia	7
Herramientas usadas	8
Procedimiento de la Instalación	9
Descripción general y terminología	10
Ingreso de un Participante	15
Línea de tiempo	16
Parámetros generales	17
Generadores	18
Generalidades para todos los generadores	18
Eólico	18
Solar - Fotovoltaicos	18
Hidráulico	18
Baterías - Centrales Acumulación	18
Térmico	18
Ciclo Combinado	18
Comercio Energía	19
ImpoExpo	19
Demandas	20
Fallas	21
Impacto Ambiental	22
Contratos	23
Red Eléctrica	24
Combustibles	25
Optimización y Simulación	26
Tipo de Simulación	26
Tasa Anual	26
Cantidad de Escenarios	26
Semilla	26
Cantidad de Sortes de Monte Carlo	26
Rutas Salida	26

Iteraciones	26
Tipo de Resolución de Valores de Bellman	26
Tipo de Demanda	26
Salida	28
Biblioteca	29
Estudio	30
Reportes	31
Glosario	32

Introducción

Historia

Herramientas usadas

java
javaFX
git
maven
Redis
MongoDB
...

Procedimiento de la Instalación

sitio de descarga

estructuras de carpetas del contenido

binarios

Descripción general y terminología

Introducción

En este comentario esta la del manual de Rosario (capaz hay que hacer adaptaciones me pareció que venia del simsee porque menciona Actores y Fuentes)

(Falta ordenar los elementos de la terminología con un sentido didáctico de lo más sencillo a los elementos que dependen de otros para definirlos, tambien irian en el glosario pero en orden alfabético)

Se agregaron comentarios con información del Manual de Rosario

Participantes

Corrida

Escenario

Poste

Postización interna externa

Valpostización: Asignación de valores a las variables aleatorias por unidad de tiempo.

Datos históricos /series de tiempo

Estimadores / procesos estocásticos / Tipos postización y valpostizacion

Combustibles / red combustibles

Procesos estocásticos (muestreados y no muestreados)

Evoluciones / tipos

Funciones representación

Variables de estado

Línea de tiempo

Bloques

Intervalo de muestreo

Optimización

Simulación: en Haz en Cadena

Comportamientos globales: Se refieren a la forma de resolución del problema dinámico.

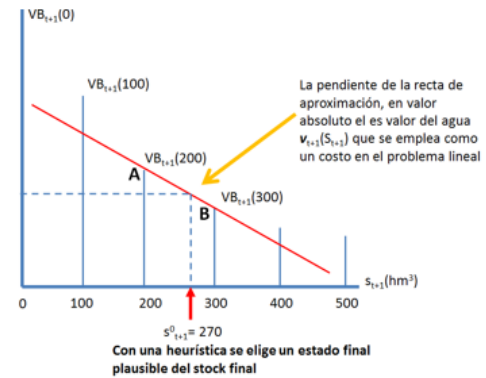
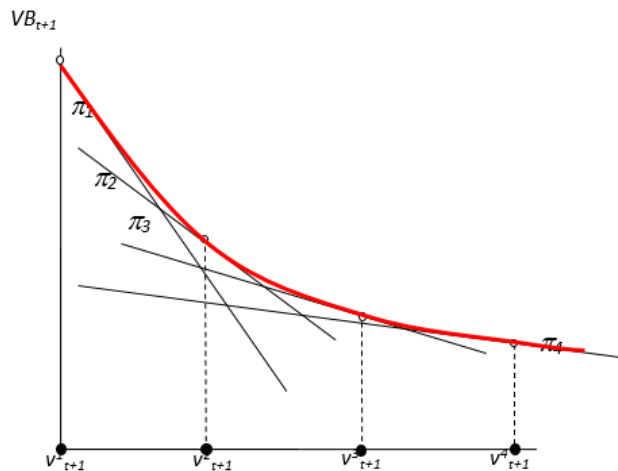
Tipo de Resolución de Valores Bellman:

- Estado de un sistema: mínimo conjunto de variables cuyos valores resumen toda la información relevante para estudiar la evolución futura del sistema.
- $VB_t(S_t)$ es el costo esperado si se opera el sistema de manera óptima partiendo del estado S_t
- En la práctica calcular los Valores Bellman ($VB_t(S_t)$) para cada posible estado al inicio de la corrida, suele no ser posible
 - O bien porque el espacio de estados es continuo o infinito y no se puede hallar una expresión analítica para VB
 - O bien porque el espacio de estados es finito pero tiene una cantidad tan grande de estados que el problema es computacionalmente no factible
- Entonces
 - Se calcula $VB_t(S_t)$ para una cantidad limitada de estados de S_t y se recurre a interpolaciones.
 - O bien se aproxima la función $VB_t(S_t)$ por diversos procedimientos. En particular se implementan:

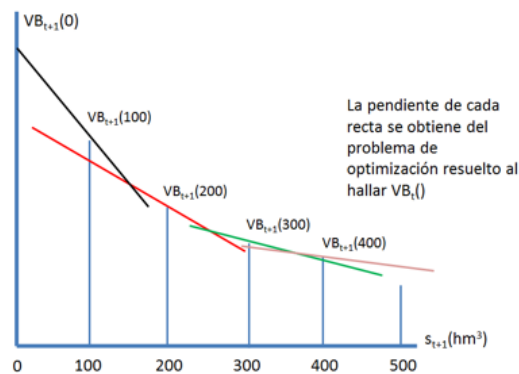
Aproximaciones numéricas de la función de valor al fin del paso t

- Como por rapidez de cálculo el despacho de un paso de tiempo es un problema lineal, la aproximación de la función de valor al final de cada paso debe ser también lineal. Puede ser:
 - Una aproximación lineal global dada por **muchos hiperplanos** en las variables de estado, por ejemplo uno en cada punto de la grilla de discretización (Opergen del DNC, Mop)
 - Aproximaciones locales en cada punto, dadas por **un hiperplano**, lo que hacen EDF, Simsee, Mop

Resolución por Incrementos (lineal?):



Resolución por Hiperplanos:



Tipo de Demanda

Total: Se considera la demanda total del sector eléctrico uruguayo.

Residual: A la demanda total del sector eléctrico uruguayo, se le resta la generación de las fuentes de costo variable nulo (Eólico, Solar y Biomasa no despachable). Solo puede definirse este tratamiento de la demanda para los casos de postización interna.

Variables de control discretas exhaustivas (Falla)

Secciones de la Interfaz gráfica

Al abrir el MOP

Ingreso de un Participante

Línea de tiempo

Parámetros generales

Generadores

Generalidades para todos los generadores

Eólico

Solar - Fotovoltaicos

Hidráulico

Baterías - Centrales Acumulación

Térmico

Ciclo Combinado

Comercio Energía

ImpoExpo

Demandas

Fallas

Impacto Ambiental

Contratos

Red Eléctrica

Combustibles

Optimización y Simulación

Tipo de Simulación

Tasa Anual

Cantidad de Escenarios

Semilla

Cantidad de Sortes de Monte Carlo

Rutas Salida

Iteraciones

Tipo de Resolución de Valores de Bellman

Tipo de Demanda

Salida

Salidas por Participante

Se seleccionarán las salidas que serán generadas para cada Participante, se definirá para cada uno de los participantes seleccionados el detalle de atributos a listar.

Biblioteca

Permite guardar participantes en forma separada, para luego incluirlos en otra corrida.

Para acceder a la biblioteca se necesita un usuario y su password.

Los atributos identificatorios de un participante son 3: Nombre - Tipo - Biblioteca
Realizada con MongoDB

Estudio

Reportes

Glosario

Backward recursión. Procedimiento por el cual, en la programación dinámica se calculan las funciones de valor de Bellman desde la última etapa de un problema hasta la primera. Si las etapas corresponden a pasos de tiempo, en ese cálculo se procede en sentido contrario al del tiempo, empezando por el último paso de tiempo y terminando por el primero.

Discretización del espacio de estados. En la programación dinámica, consiste en tomar un conjunto finito de estados dentro del espacio de estados, para calcular en ellos los valores de Bellman en forma numérica. Generalmente se toma un conjunto de valores finitos para cada variable de estado y la discretización resulta del producto cartesiano de esos conjuntos.

Ecuación de estado de un sistema. En un problema dinámico es la ecuación que determina el estado del sistema al inicio de un paso de tiempo $t+1$, en función del estado al inicio del paso t , y de las variables de control o variables de decisión elegidas por el operador del sistema y las entradas aleatorias del sistema en el paso t . Es decir tiene la forma $x_{t+1} = f(x_t, u_t, w_t)$, donde x_t es el estado al inicio del paso t , u_t es el control del paso t y w_t son las entradas aleatorias del paso t .

Ecuación de transición de la programación dinámica. Ecuación que permite calcular el valor de Bellman al inicio de un paso de tiempo t , para un estado cualquiera, conociendo la función de valor de Bellman en todo el espacio de estados el inicio del paso $t+1$, o una aproximación para la misma. En la situación azar decisión, en la que se conoce el valor de la innovación antes de elegir el control u_t , para cada paso de tiempo t , toma la forma:

,

Empuntar una central hidráulica. Operación de una central hidroeléctrica consistente en despachar con la mayor potencia posible la central para cubrir los picos del diagrama de demanda, es decir en las horas de mayor demanda.

Entrada aleatoria o información aleatoria. Conjunto de variables aleatorias cuyas realizaciones en un paso de tiempo determinan los costos del paso y participan en la ecuación de estado que determina la evolución del estado hacia el paso de tiempo siguiente. En el caso del sistema de generación, por ejemplo, incluye los

aportes a las centrales hidráulicas, los vientos y la radiación solar, las indisponibilidades de las centrales, etc.

Espacio de estados. Es el conjunto de todos los estados posibles que puede tomar un sistema en un momento dado, por ejemplo al inicio de un paso de tiempo.

Estado del sistema. Es el conjunto de valores de las variables de estado que contienen toda la información relevante para describir la situación de un sistema en un momento dado incluso la información disponible sobre los procesos estocásticos. Por ejemplo en el caso de un sistema de generación hidroeléctrico, contiene los volúmenes de los embalses y toda la información de los aportes pasados y variables climatológicas que son de utilidad para determinar la distribución de probabilidad de los aportes hidráulicos futuros a las centrales.

Heurística. En un problema de optimización, es un procedimiento rápido y aproximado que permite obtener una solución que se supone próxima a la óptima.

Hiperplano. Ecuación lineal en un conjunto de variables, que determina un conjunto de puntos en el espacio de esas variables. Para el caso de dos variables es una recta, para el caso de tres variables es un plano.

Maldición de la dimensionalidad o maldición de la dimensión. Es el problema que aparece en la programación dinámica estocástica, cuando al aumentar la cantidad de variables de estado, y procederse a discretizar el espacio de estados, la cantidad de estados resultante crece hasta el punto de hacer imposibles los cálculos.

Optimización del sistema. Ejercicio de calcular la política óptima de operación de un sistema. En los sistemas de generación hidrotérmicos de la región esto se hace mediante los algoritmos de programación dinámica estocástica o programación dinámica estocástica dual. En el primero de los casos la política de operación resultante se materializa en una tabla de valores del agua para cada estado posible del sistema.

Principio de Bellman. El principio de Bellman establece que si una trayectoria x_0, x_1, \dots, x_T , en los espacios de estados es óptima cuando se parte del estado inicial prefijado, al inicio de t , entonces dada cualquier etapa t , la trayectoria x_t, x_{t+1}, \dots, x_T , es óptima en el problema de optimización que tiene como estado inicial x_t al inicio de t , y cuyas funciones de contribución de costo de cada etapa a partir de t son las mismas del problema original. El principio establece que la política de operación óptima a partir de una etapa t en la que un sistema se encuentra en un estado x_t , debe establecer políticas de operación también óptimas para los problemas que comienzan a partir de todo estado posible x_t de la etapa t .

Problema dinámico. Es un problema de optimización en el que las variables de decisión se refieren a un conjunto de pasos de tiempo sucesivos y en el que las

decisiones tomadas en un paso de tiempo condicionan las decisiones que pueden tomarse en los pasos siguientes.

Problema determinístico. Es un problema de optimización en el que todos los datos se conocen con certeza.

Problema estático. Es un problema de optimización en el que las variables de decisión se refieren a un conjunto de pasos de tiempo sucesivos pero en el que las decisiones óptimas pueden determinarse en forma independiente y separada para cada paso de tiempo.

Problema estocástico. Es un problema de optimización en el que existen datos que no se conocen con certeza sino que para ellos se tienen distribuciones de probabilidad.

Programación dinámica estocástica. Es un método para la resolución de problemas dinámicos y estocásticos, en el que se procede a calcular las funciones de valor de Bellman en forma recursiva (por backward recursión) desde el último paso de tiempo hasta el primero, mediante el empleo de la ecuación de transición. Cuando el espacio de estados es un conjunto infinito, esto requiere tomar en cada paso de tiempo un conjunto finito de estados discretos, para calcular numéricamente en ellos el valor de Bellman, y aproximar esa función en los restantes estados.

Programación dinámica estocástica dual. Es un algoritmo derivado de la programación dinámica estocástica que permite resolver problemas que no serían resolubles con esta última debido a la maldición de la dimensionalidad. La función de valor de Bellman al inicio de cada paso de tiempo es aproximada por un conjunto de hiperplanos en el espacio de estados. El procedimiento es iterativo. Cada iteración consta de una etapa de simulación y una etapa de recursión hacia atrás. La etapa de simulación permite obtener una cota superior del valor de Bellman en el estado inicial y la etapa de recursión hacia atrás una cota inferior. Cuando ambas cotas se aproximan lo suficiente el método puede detenerse.

Restricción de no negatividad. En los problemas de optimización matemática, las restricción de que las variables sean mayores o iguales que cero, que suele estar implícita en muchos métodos, por ejemplo en la programación lineal.

Situación azar-decisión. En la programación dinámica, situación en la que se revela el valor de las entradas aleatorias de un paso de tiempo, antes de que se deba elegir las variables de control del paso.

Situación decisión-azar. En la programación dinámica, situación en la que se debe elegir las variables de control del paso antes de conocer el valor de las entradas aleatorias.

Valor de Bellman. En la programación dinámica estocástica el valor de Bellman en un estado dado, es el costo esperado actualizado si a partir de ese estado y hasta el final del horizonte de optimización se sigue la política óptima.

Valor del agua. El valor del agua en un embalse, dado un estado del sistema, es el ahorro de costos esperados actualizados, hasta el final del horizonte de optimización, por disponer de un metro cúbico adicional de agua en ese embalse. Es igual a la derivada parcial de la función de valor de Bellman en ese estado del sistema, con respecto al volumen de agua del embalse, afectada por un signo negativo.

Variable dual de una restricción. En un problema de optimización con restricciones, cada restricción tiene asociada una variable dual. Las variables duales resultan de la resolución de un problema dual, que se define a partir del problema original. En el óptimo, la variable dual asociada a una restricción es igual a la variación que tendría el objetivo si se relaja la restricción marginalmente en una unidad.

Variables de control o de decisión. En un problema de optimización cualquiera son las variables que representan las decisiones que pueden tomarse para optimizar el objetivo.

Variables de estado. Son las variables que permiten describir de manera completa el estado de un sistema dinámico en un instante dado.

Volumen útil. Es el volumen de un lago por encima de la mínima cota de operación, ya que el agua por debajo de la mínima cota de operación no puede ser usada. En general en el módulo está referido simplemente como volumen.

Para reusar

(info que proviene de G:\PLA\Pla_datos\Archivos\ModeloOp\Interfaz\200420
Comentarios-Dudas)

Las **entradas aleatorias o información aleatoria** del paso de tiempo , son el conjunto de las variables aleatorias que afectan al sistema y cuyas realizaciones se conocen durante el paso de tiempo

Para poder obtener resultados de utilidad es imprescindible definir los procesos estocásticos que siguen las variables de .

La distribución de probabilidad de algunas de las variables de puede estar condicionada por una de las variables de estado. Por ejemplo, si se trata de los aportes incrementales a una central en el paso de tiempo , su distribución de probabilidad generalmente va a ser diferente según el valor del aporte , que debe pertenecer entonces al conjunto de variables de estado

La ecuación de estado permite determinar el estado al inicio del paso , a partir del estado al inicio del paso , de los valores de las variables de control que elige el operador del sistema y de las entradas aleatorias .

Por ejemplo, en un sistema hidroeléctrico, el volumen de agua almacenado en una central es una de las variables de estado. El valor del volumen de agua al final del paso de tiempo será igual al volumen inicial, más los aportes incrementales (que forman parte de) menos la cantidad de agua turbinada y la vertida en el paso de tiempo (que forman parte de las variables de decisión).

El objetivo de la optimización de la operación es encontrar una política de operación óptima en el horizonte de análisis elegido. La política de operación es un conjunto de reglas para elegir los controles para cada paso de tiempo del horizonte.

Como en todos los problemas relevantes del sector eléctrico, el espacio de estados tiene infinitos elementos, de inmediato resulta evidente que para la resolución numérica del problema de encontrar la política óptima será necesario recurrir a alguna forma de discretización o de aproximación

Como se vio en el punto 2.3.4 del módulo 1 una forma de estimar la esperanza de una variable aleatoria, si es posible obtener un número suficientemente grande de sus realizaciones, es tomar el promedio de esas realizaciones.

En este caso, para estimar la esperanza se sortean realizaciones para las entradas aleatorias que forman un conjunto . Esas realizaciones se obtienen mediante el empleo de generadores de números pseudoaleatorios, como se describió en el punto 2.3.8 del módulo 1

Según el tramo de valor de la variable de estado, la aproximación lineal empleada es diferente. Es decir se trata de un conjunto de aproximaciones locales, cada una de las cuales sólo sirve en una región del espacio de estados.

Recordemos que el valor de Bellman es el costo futuro actualizado esperado si se emplea la política óptima de operación del sistema.

El valor del agua es la pendiente (en términos matemáticos la derivada) de la función de valor de Bellman, respecto al volumen de agua almacenado, con signo negativo y se puede calcular aproximadamente conociendo los valores de en los puntos de discretización.

Si se tiene 1 m³ de agua adicional en el embalse, el valor de Bellman se reduce en el valor del agua de ese metro cúbico.

Entonces otra definición posible del valor del agua de un embalse es que es igual al valor esperado del ahorro de costos futuros por disponer en el embalse de un metro cúbico adicional.

En optimización se denomina heurística a una solución aproximada del problema de optimización que se está tratando, obtenible en forma rápida y sin esfuerzo de cálculo

En resumen:

- A partir de la aproximación de la función de valor de Bellman se puede estimar el valor del agua al inicio del paso , o lo que es equivalente al fin del paso . Ese valor del agua es la pendiente (en términos matemáticos la derivada) de la función de valor de Bellman respecto al volumen almacenado, con signo negativo.
- Como la pendiente es negativa, al cambiarla de signo se transforma en un costo positivo. La pendiente se calcula en un punto de obtenido mediante una heurística.
- Conocido el valor del agua del embalse, es posible asignarl a la central hidráulica un costo variable en USD/MWh, en el cálculo de la transición para estimar los valores de , ya que se conoce la cantidad de m³ necesarios para producir un MWh y el valor del agua en USD/m³. Esto permite incorporar este costo de oportunidad del empleo de la central hidráulica en el orden creciente de costos variables, junto a las centrales térmicas, para determinar la operación óptima.

Finalmente, conocida la operación óptima de la central hidráulica, resolviendo el problema (*5) se puede calcular el valor para contribuir al cálculo del valor de Bellman :

(*6)

es el volumen del lago al que se llega al fin del paso de tiempo con la operación óptima.

Es decir que para calcular el valor de Bellman se suman:

- los costos operativos, de combustible y falla con la operación óptima es decir los costos óptimos del paso de tiempo
- el valor del Bellman descontado , para el volumen al que se llega con la operación óptima , **que representa los costos esperados óptimos a partir del paso hasta el final del horizonte de análisis.**

Hemos visto también que a partir de las aproximaciones, generalmente lineales, a las funciones de valor de Bellman se pueden obtener los valores del agua en todos los estados posibles del espacio de estados, en cada paso de tiempo.

En el caso más sencillo de un solo embalse, el valor del agua en cada estado es la pendiente de la función de valor de Bellman respecto al volumen del embalse, con signo negativo

Entonces, cuando el operador del sistema, al inicio del primer paso de tiempo , quiere tomar la decisión sobre qué cantidad de agua turbinar, realiza un ejercicio de **optimización del sistema**, es decir calcula la política de operación óptima, corriendo sus **modelos de optimización**. En sistemas sencillos estos modelos emplean la programación dinámica estocástica. En los más complejos se emplea la programación dinámica estocástica dual, que se describirá en el punto 3.5 siguiente.

Como producto de la programación dinámica estocástica se puede obtener una tabla de valores del agua al fin de cada uno de los pasos de tiempo , con un valor del agua para cada rango de la discretización. Disponer de esa tabla de valores del agua es equivalente a tener la política de operación óptima de los embalses.

En nuestro ejemplo sencillo, las dos variables de estado son el volumen del único embalse y el aporte del período anterior. Entonces el operador dispone de una tabla de valores del agua de doble entrada.

Entonces, cuando el operador del sistema, al inicio del primer paso de tiempo, quiere tomar la decisión sobre qué cantidad de agua turbinar, realiza un ejercicio de **optimización del sistema**, es decir calcula la política de operación óptima, corriendo sus **modelos de optimización**. En sistemas sencillos estos modelos emplean la programación dinámica estocástica. En los más complejos se emplea la programación dinámica estocástica dual, que se describirá en el punto 3.5 siguiente.

Como producto de la programación dinámica estocástica se puede obtener una tabla de valores del agua al fin de cada uno de los pasos de tiempo, con un valor del agua para cada rango de la discretización. Disponer de esa tabla de valores del agua es equivalente a tener la política de operación óptima de los embalses.

En nuestro ejemplo sencillo, las dos variables de estado son el volumen del único embalse y el aporte del período anterior. Entonces el operador dispone de una tabla de valores del agua de doble entrada.

El volumen inicial del lago al inicio del paso es observado por el operador del sistema. El aporte de agua en el paso de tiempo, es pronosticado con exactitud. Aplicando una heurística como se describió en 3.3.3.1, el operador hace una estimación del volumen del lago al fin del paso, o lo que es equivalente al inicio del paso. Entonces el operador obtiene el valor del agua del embalse de la tabla de valores del agua al inicio del paso, entrando por la pareja de valores (.

Como estamos en la situación azar-decisión, el operador dispone también de los valores para el paso de tiempo, de las restantes variables aleatorias relevantes, como potencia de las ERNC hora por hora, o indisponibilidades de centrales.

Como se explicó antes, al disponer del valor del agua del embalse es posible obtener la operación óptima del sistema, en un problema de optimización de un solo paso de tiempo y determinístico, como el explicado en el punto 1 del módulo. Es el problema presentado en la fórmula (*5) del punto 3.3.3.1

Simulación

Los modelos de simulación toman un gran número de escenarios de las variables aleatorias relevantes, es decir las variables de entrada del sistema, como aportes hidráulicos, energía de las ERNC, demanda, etc. en un horizonte de varias semanas, meses o años, y empleando las políticas de operación determinadas por los modelos de optimización, realizan la simulación probabilística del sistema de generación.

Esto requiere generar escenarios de series sintéticas de las variables de entrada, o en ocasiones, emplear series históricas de algunas variables de interés, como los aportes hidráulicos.

Se obtienen así, para cada escenario de las variables de entrada, resultados de la simulación para cada paso de tiempo en el horizonte simulado. Esta información es de utilidad para que el operador del sistema conozca la probabilidad de ocurrencia de eventos de importancia: típicamente las fallas en el suministro, pero también los requerimientos de combustibles, los costos totales de operación, la evolución de los embalses, etc.

PDED

La función de valor de Bellman en cada paso de tiempo es aproximada por un conjunto de hiperplanos en el espacio de estados. El procedimiento es iterativo. Cada iteración consta de una etapa de simulación y una etapa de recursión hacia atrás. La etapa de simulación permite obtener una cota superior del valor de Bellman en el estado inicial y la etapa de recursión hacia atrás una cota inferior. Cuando ambas cotas se aproximan lo suficiente el método puede detenerse
