



Visão geral

SDDP é um modelo de despacho hidrotérmico com representação da rede de transmissão e utilizado para estudos operativos de curto, médio e longo prazo. O modelo calcula a política operativa estocástica de mínimo custo de um sistema hidrotérmico, levando em consideração os seguintes aspectos:

- Detalhes operativos das usinas hidroelétricas (representação individualizada, balanço hídrico, limites de turbinamento e armazenamento, volumes de segurança, vertimento, filtração etc.);
- Detalhes das usinas térmicas (“commitment”, restrições de geração devidas a contratos “take or pay”, curvas de eficiência côncavas e convexas, restrições de consumo de gás, térmicas bi-combustível etc.);
- Representação de mercados "spot" e contratos de fornecimento;
- Incerteza hidrológica: é possível utilizar modelo estocásticos de vazões que representam as características hidrológicas do sistema (sazonalidade, dependência temporal e espacial, secas severas etc.) e o efeito de fenômenos climáticos específicos, como por exemplo o El Niño;
- Detalhes do sistema de transmissão: leis de Kirchhoff, limites de fluxo de potência em cada circuito, perdas, restrições de segurança, limites de exportação e importação por área elétrica etc.;
- Variação da demanda por patamar e por barra do sistema, com estágios mensais ou semanais (estudos de médio ou longo prazo) ou a nível horário (estudos de curto prazo);
- Restrições de suprimento (commodity e transporte) de gás natural.

Além da política operativa de mínimo custo, o modelo calcula vários índices econômicos tais como o custo marginal de operação (por submercado e por barra), tarifas de “pedágio” e custos de congestionamento da rede, valores da água por usina, custo marginal de restrições de suprimento de combustível e outros.

Modelagem do Sistema Brasileiro

A equipe da PSR foi a originadora da metodologia de programação dinâmica estocástica dual (PDDE), incorporada no modelo SDDP, e que também é utilizada nos modelos computacionais de despacho do ONS e no cálculo dos preços da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). O modelo SDDP é capaz de representar em detalhe as características físicas, operativas e comerciais do sistema brasileiro, tais como reservatórios em cascata, rede completa de transmissão, limites de combustível e outros. Sua funcionalidade para estudos de longo, médio e curto prazo abrange a cadeia completa de modelos em fase de implementação no ONS (NEWAVE, DECOMP e DESSEM).

Usos atuais do SDDP

O modelo SDDP vem sendo utilizado em estudos de avaliação de empresas, interconexões internacionais e análise de novos projetos hidrelétricos e térmicos no sistema interligado brasileiro para clientes da PSR (investidores internacionais e nacionais do setor elétrico) e em diversos outros projetos no exterior. Além disto, o modelo SDDP também tem sido utilizado em estudos operativos de mais de 40 países nos cinco continentes:

- Américas: todos os países da América do Sul e América Central, República Dominicana, Estados Unidos e Canadá;
- Europa: Áustria, Espanha, Noruega, Bélgica, Turquia e região dos Balcãs (Albânia, Bósnia e Herzegovina, Bulgária, Macedônia, Montenegro, Sérvia, Kosovo, Romênia e Eslovênia);
- Oceania: Nova Zelândia e Filipinas;
- Ásia: China (províncias de Shanghai, Sichuan, Guangdong and Shandong), Vietnam, Quirguistão e Tadjiquistão;
- África: Tanzânia, Namíbia, Egito, Sudão, Etiópia e Gana.

Metodologia

À primeira vista, os recursos hidrelétricos, por não terem custos operativos diretos, deveriam ser os primeiros na ordem de despacho das usinas. Observe, entretanto, que o operador tem a opção de usar este recurso hoje ou armazená-lo para uso futuro. Por exemplo, suponha que um recurso hidrelétrico permite a produção de 1 MWh. Suponha também que o preço “spot” atual é US\$18/MWh, mas que o da semana seguinte é US\$25/MWh. Como o objetivo do operador é maximizar a eficiência econômica do uso dos recursos, ele prefere armazenar a água até a próxima semana. Em outras palavras, embora as usinas hidrelétricas não tenham um custo operativo direto, elas possuem um custo de oportunidade que reflete o benefício econômico futuro de sua energia.

No exemplo simples acima, onde o preço futuro é mais alto do que o atual, a decisão ótima é óbvia. Nas situações reais, entretanto, há uma incerteza com relação aos preços futuros, que podem ser mais altos ou mais baixos que o atual. Portanto, a decisão de armazenar ou não a água hoje depende uma análise das conseqüências desta decisão para todos os cenários de preço futuros.

Infelizmente, o número de combinações de cenários de preços cresce exponencialmente ao longo do tempo. Por exemplo, suponha que a cada semana há dois cenários de preços. Ao final de um ano, o número de combinações seria 252, pouco mais de um quatrilhão, o que obviamente inviabiliza qualquer método de busca exaustiva. Além disto, a própria transferência de energia de uma semana para outra modifica os preços “spot”, pois estamos criando escassez na semana atual e aumentando a oferta na semana seguinte. Em resumo, o despacho operativo de um sistema hidrotérmico é um problema de otimização estocástica de grande porte, cuja solução é bastante complexa.

A metodologia de solução tradicionalmente utilizada para resolver este problema de despacho é conhecida como programação dinâmica estocástica (PDE). A PDE tradicional requer a discretização dos níveis de armazenamento do reservatório (100%, 95%, 90% etc.). Quando há dois ou mais reservatórios, é necessário enumerar todas as combinações de níveis dos mesmos (100% e 100%; 100% e 95%; ...; 95% e 100%; 95% e 95% etc.). Como consequência, o esforço computacional da PDE cresce de

maneira exponencial com o número de reservatórios, o que restringe a aplicação da metodologia tradicional a sistemas com um número reduzido de reservatórios.

A metodologia utilizada no modelo SDDP é a chamada programação dinâmica estocástica dual (PDED), desenvolvida pela equipe PSR na década de 80. Esta metodologia permite representar a função de custo futuro da PDE tradicional como uma função linear por partes. Devido a isto, não é necessário enumerar as combinações de níveis dos reservatórios, o que permite obter a solução ótima estocástica para sistemas com um grande número de usinas.

Resultados

Todos os resultados detalhados do modelo SDDP são colocados em arquivos formato *.csv. Estes arquivos são gerenciados por uma interface gráfica (programa GRAF) que produz arquivos Excel com os resultados desejados. Os principais resultados são:

- Estatísticas operativas: geração hidroelétrica e termoelétrica, custos operativos das térmicas, intercâmbio de energia, consumo de combustível, riscos de déficit, energia não suprida, etc.;
- Custos marginais de curto prazo: estes custos são utilizados para representar preços de compra e de oferta de energia no despacho;
- Custos marginais de capacidade: estes custos medem o benefício operativo de se reforçar a capacidade instalada de uma usina térmica, o limite de turbinamento de uma usina hidroelétrica ou a capacidade de armazenamento de um reservatório, e são utilizados para determinar as adições de máxima eficiência econômica para o sistema;