INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES
MESTRADO EM TELECOMUNICAÇÕES

OTIMIZAÇÃO CONVEXA – TP542

PLANO DE ENSINO

I – DADOS INICIAIS

1º semestre de 2014
Carga Horária: 60 horas-aula
Docente: Prof. Dr. Dayan Adionel Guimarães (http://www.inatel.br/docentes/dayan/)

II – EMENTA

Introdução e contextualização, conjuntos convexos, funções convexas, problemas de otimização convexa, dualidade, aplicações em aproximação e aderência, aplicações em estimação estatística, aplicações em telecomunicações.

III – PROGRAMA

Capítulo	Conteúdo	Carga
1	**Apresentação do curso e Introdução**: otimização matemática, mínimos-quadrados e programação linear, otimização convexa, otimização não-linear, conteúdo e notação para o curso.	4h
2	**Conjuntos Convexos**: conjuntos afins e conjuntos convexos, exemplos importantes de conjuntos convexos, operações que preservam convexidade, desigualdades generalizadas, hiperplanos de separação e de suporte, cones duais e desigualdades generalizadas.	8h
3	**Funções Convexas**: propriedades básicas e exemplos, operações que preservam convexidade, função conjugada, funções quase-convexas, funções log-côncavas e log-convexas, convexidade com relação às desigualdades generalizadas.	8h
4	**Problemas de Otimização Convexa**: problemas de otimização, otimização convexa, problemas de otimização linear, problemas de otimização quadrática, programação geométrica, restrições sob desigualdades generalizadas, otimização vetorial.	8h
5	**Dualidade**: função dual de Lagrange, problema dual de Lagrange, condições de optimalidade, análise de perturbação e sensibilidade, exemplos, desigualdades generalizadas.	8h
CVX	**CVX**: apresentação e conceitos básicos sobre o aplicativos de otimização convexa CVX [3].	6h

6	**Aproximação e Encaixe**: aproximação por norma, problemas de mínima norma, aproximação via regularização, aproximação robusta, interpolação e encaixe de funções.	6h
7	**Estimação Estatística**: estimação paramétrica de distribuição, estimação não-paramétrica de distribuição, projeto de detector ótimo e teste de hipóteses.	6h
[1, Ap. A], [4] e [5]	**Fundamentos Matemáticos**: normas, análise convexa, funções convexas, derivadas, álgebra linear.	Conforme necessidade
Provas e seminário	Provas e seminário sobre aplicação do CVX [3] na solução de problemas de otimização em telecomunicações ou áreas afins.	6h

IV – OBJETIVOS

Tendo obtido conceito suficiente para aprovação, ao final do curso o aluno deve ser capaz de:

1. *dar continuidade à construção da base matemática associada à otimização convexa, de forma que possa realizar estudos complementares e mais avançados sobre o assunto;*
2. *entender a notação padrão presente em artigos científicos quando se trata da formulação e descrição de problemas de otimização;*
3. *reconhecer, formular e resolver problemas de baixa complexidade*[1] *de otimização convexa, bem como qualificar cada solução obtida;*
4. *reconhecer e identificar possíveis caminhos para a formulação e a solução de problemas de otimização convexa de média complexidade;*
5. *transformar uma instância de um problema simples de otimização convexa em um dos modelos padrão de otimização estudados ao longo do curso;*
6. *operar e interagir com o aplicativo de otimização convexa CVX, utilizando arquivos fornecidos pelo professor ou obtidos do site do Prof. Stephen Boyd (http://www.stanford.edu/~boyd/);*
7. *desenvolver e testar códigos fonte no aplicativo CVX para a solução de problemas de otimização convexa de baixa complexidade.*

Refletindo sobre os objetivos acima, percebe-se que o curso será fortemente orientado para aplicações. Entretanto, o primeiro objetivo sugere que há demanda por uma sólida base matemática.

V – O QUE NÃO SE ESPERA ATINGIR COMO OBJETIVO

Além dos objetivos, é também importante ressaltar aquilo que *não se espera*:

1. *que os alunos adquiram habilidades de Análise Convexa além daquelas que o livro texto prevê;*
2. *que os alunos sejam capazes de desenvolver, analisar ou selecionar algoritmos de otimização;*
3. *que os alunos adquiram habilidade para transformar instâncias de problemas complexos de otimização em modelos de otimização padrão;*
4. *que os alunos adquiram conhecimento sobre outras classes da otimização matemática, além da otimização convexa.*

[1] Ao longo do curso ficará mais claro qual é o significado do nível de complexidade de um problema de otimização. No contexto dos objetivos acima, considera-se *de baixa complexidade* um problema que não demanda elevada experiência no assunto, nem transformações algébricas complicadas para que seja escrito em uma notação padrão que possa ser operada por um aplicativo de solução por software (*solver*). Do ponto de vista da solução computacional, considera-se de baixa complexidade um problema que pode ser resolvido com um número de operações relativamente pequeno, com tempo de solução polinomial.

VI – AVALIAÇÃO E CONCEITOS

Provas P_1 e P_2, artigo A e nota conceitual de comprometimento com o curso, C. Notas de 0 a 100. Média final $\mu = (P_1 + P_2 + A + C)/4$. **Conceitos: A** $\Rightarrow 85 \leq \mu \leq 100$, **B** $\Rightarrow 70 \leq \mu < 85$, **C** $\Rightarrow 50 \leq \mu < 70$, **D** $\Rightarrow 0 \leq \mu < 50$.

O artigo será sobre a implementação de um código em Matlab com o CVX [3], objetivando a solução de um problema de otimização em telecomunicações ou em áreas afins (DSP, por exemplo).

As datas das provas e os detalhes adicionais sobre o artigo serão fornecidos à turma em momento oportuno.

A nota de comprometimento, subjetivamente dada pelo professor, avaliará a participação nas aulas, o interesse no aprendizado e o comprometimento com o curso.

VII – PRÉ-REQUISITOS

Para um adequado acompanhamento do curso é *fundamental* que já se tenha adquirido (ou se adquira concomitantemente) vários conceitos fundamentais sobre *álgebra linear básica* [4] e alguns poucos sobre *álgebra linear avançada*. [1. Ap. A], [5]. Conceitos sobre *cálculo* são essenciais. Alguns conceitos sobre *probabilidade e processos estocásticos* são também necessários, principalmente mais para o final do curso.

VIII – CO-REQUISITOS

Recomenda-se que as vídeo-aulas do Prof. *Gilbert Strang* sobre álgebra linear sejam assistidas ao início do curso e assistidas novamente sempre que se fizer necessário. Recomenda-se também que as vídeo-aulas do Prof. *Stephen Boyd*[2] sobre otimização convexa sejam assistidas, não somente como complemento, mas como uma fonte de abordagem alternativa sobre o conteúdo estudado. Estas vídeo-aulas são também importantes porque grande parte dos slides nelas utilizados [2] será utilizada em nossas aulas. Embora talvez não seja necessário mencionar, as vídeo-aulas são também muito úteis devido ao fato de se poder repeti-las ou visitar as partes que interessam tantas vezes quantas for necessário. A referência [5] pode ser útil para auxiliar na interpretação (principalmente geométrica) de algum conceito relacionado com Análise Convexa. A referência [6] pode servir como uma condensada revisão sobre grande parte do conteúdo do curso.

[2] É possível que se tenha certa dificuldade de entender as vídeo-aulas do Prof. S. Boyd por completo da primeira vez que cada uma for assistida. Recomenda-se primeiro tentar extrair os principais conceitos e então repetir cada vídeo-aula para que, gradativamente, os demais conceitos possam ser entendidos. É possível que algumas vídeo-aulas sejam entendidas por completo somente depois de várias aulas após o correspondente assunto ter sido ministrado. É também possível que partes de algumas vídeo-aulas não sejam entendidas por completo mesmo após o final do curso. A recomendação aqui é simples: não desista!

IX – Referências

[1] S. Boyd and L. Vandenberghe. Convex Optimization, New York, USA: Cambridge University Press, 2010. Available at http://www.stanford.edu/~boyd/cvxbook/.

[2] S. Boyd and L. Vandenberghe. Slides of the EE364A course at Stanford. Available at http://www.stanford.edu/class/ee364a/lectures.html.

[3] M. Grant and S. Boyd. CVX: Matlab software for disciplined convex programming, version 2.0 beta. http://cvxr.com/cvx, September 2012.

[4] G. Strang. Introduction to Linear Algebra, 4th Ed., New York, USA: Wellesley-Cambridge Press, 2009.

[5] J. Dattorro. Convex Optimization and Euclidean Distance Geometry, Palo Alto, CA, USA: MeBoo Publishing, 2010.

[6] Hindi, H. A Tutorial on Convex Optimization. American Control Conference, 2004 June 30-July 2, Boston, MA, USA, 2004.

[7] Hindi, H. A Tutorial on Convex Optimization II: Duality and Interior Point Methods. American Control Conference, 2006 June 14-16, Minneapolis, MN, USA, 2006.

[8] Recursos adicionais: http://www.inatel.br/docentes/dayan/material-de-aula/easyfolder/tp542.

Dayan Adionel Guimarães
Janeiro de 2014